

AtmoSud

Inspirer un air meilleur



Évaluation des particules fines en zone aéroportuaire

Cannes-Mandelieu
Golfe de Saint-Tropez

29 juin-03 août 2021

RÉSUMÉ :

ÉVALUATION DES PARTICULES FINES EN ZONE AÉROPORTUAIRE

Cannes-Mandelieu / Golfe de Saint-Tropez

Cette première évaluation des niveaux de particules sur les plateformes du Golfe de Saint-Tropez à La Môle et de Cannes-Mandelieu fait suite aux premières mesures en oxydes d'azote et BTEX réalisées respectivement en 2017 et 2018, selon la convention signée entre la Société des Aéroports de la Côte d'Azur (ACA) et AtmoSud.

En raison du contexte particulier de l'année 2020 dû à la pandémie de la COVID-19 et de la baisse drastique de fréquentation du secteur aérien, les services de l'ACA et d'AtmoSud ont décidé conjointement de reporter d'un an les mesures initialement prévues à l'été 2020 sur l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez. S'affranchissant alors d'une année atypique en termes d'activité, les mesures de particules ont été réalisées à l'été 2021, en parallèle de celles prévues sur la plateforme de Cannes-Mandelieu, permettant ainsi d'établir des comparaisons entre les 2 plateformes.

► Premières mesures simultanées de PM10, PM2,5 et PM1 par micro-capteurs automatiques

Du 29 juin au 3 août 2021, 5 sites (terminal Cannes, terminal Saint-Tropez, proche aéroport Cannes, école de la Môle et station de Cannes Broussailles) ont été équipés de nouveaux micro-capteurs permettant l'évaluation simultanée de 3 tailles différentes de particules.

► Niveaux en particules peu élevés et respectant les valeurs annuelles réglementaires

Pour les deux plateformes, les niveaux en particules PM10, PM2,5 et PM1 sont peu élevés, du même ordre de grandeur et respectant potentiellement les valeurs annuelles réglementaires européennes en PM10 et PM2,5. Pour les lignes directrices de l'OMS, révisées en septembre 2021, seule la plateforme de Cannes-Mandelieu les dépasserait en PM2,5, comme la quasi-totalité de la région. Les PM1 ne disposent pas actuellement de référence réglementaire.

► Evolution comparable sur et autour des plateformes aéroportuaires

Sur les deux plateformes, les sites présentent des évolutions journalières comparables en PM10. Pour les PM2,5 et les PM1, seul le site proche aéroport à Cannes affichent deux journées atypiques. Le reste de la campagne, son comportement suit celui du terminal. A La Môle, les tendances sont similaires.

La période autour du festival de Cannes (du 6 au 17 juillet) n'indique pas de hausses spécifiques.

La concentration journalière maximale des 5 sites est enregistrée le 26 juillet pour les 3 tailles de particules, indiquant la prédominance de l'apport régional plutôt que local de sources en particules ce jour.

► Quelques pics horaires sans lien avec le nombre de mouvements d'avions

Les évolutions horaires montrent quelques pics simultanés en PM10, PM2,5 et PM1, confirmés au pas de temps inférieur. Ces pointes communes aux 3 tailles n'identifient pas une gamme spécifique comme les PM1, particules les plus fines et potentiellement liée à l'activité aéroportuaire. L'analyse comparative et détaillée avec le nombre de mouvements d'avions n'établit pas de corrélation entre ce paramètre et le taux de particules dans l'air, aussi bien en journalier qu'en horaire. En effet, soit les pics de particules apparaissent en absence de mouvements d'avions durant la plage horaire concernée, soit une augmentation du nombre de mouvements est associée à une baisse de la concentration, excluant un lien quelconque avec l'activité aéroportuaire.

PARTENAIRES

Société des Aéroports de la Côte d'Azur

REMERCIEMENTS

Service Environnement et Relations Riverains - Nice : François Janin

Aéroport de Cannes-Mandelieu : Claire Rousseau

Direction de l'Aéroport du Golfe de Saint-Tropez : Joseph Azzaz

Commune de La Môle

Pépinière Rubino

Rédaction :	Revue :	Approbation :
Florence Péron Florence.peron@atmosud.org	Romain Boissat Romain.boissat@atmosud.org	Edwige Révélat Edwige.revelat@atmosud.org
Contact :	Date de parution :	Références :
Maïthé ROSIER (06)/Sylvain MERCIER (83)	11/2021	23PT1806/PM_Aéroport_ACM_AGST

SOMMAIRE

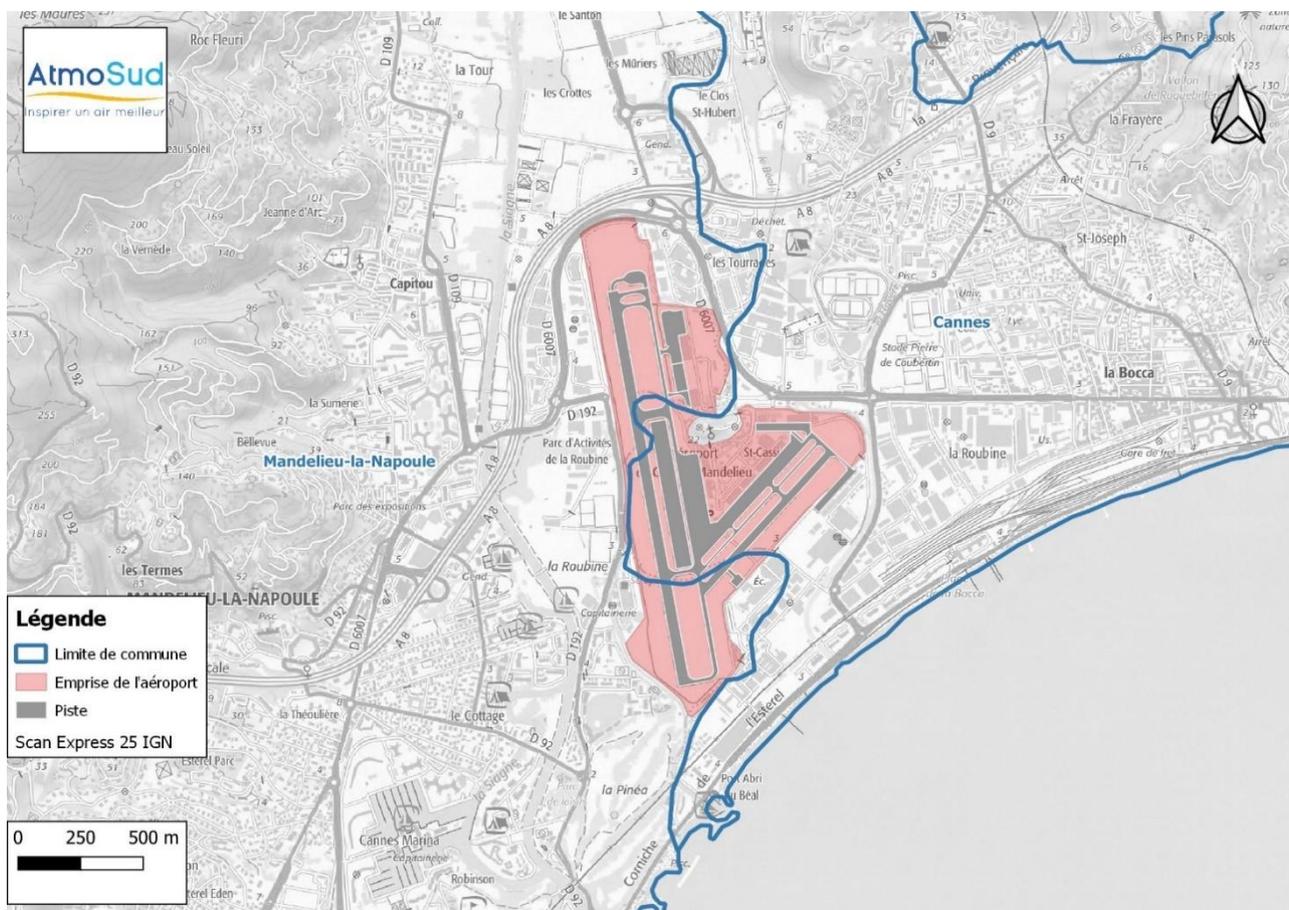
1. Contexte de l'étude.....	5
2. Descriptif des zones d'étude	7
2.1 Plateforme de Cannes-Mandelieu.....	7
2.2 Plateforme du Golfe de Saint-Tropez	10
3. Qualification de la qualité de l'air sur les plateformes aéroportuaires	14
3.1 Emissions atmosphériques	14
3.2 Mesures réalisées par AtmoSud	16
4. Réalisation de la campagne par micro-capteur	17
4.1 Méthodologie et échantillonnages.....	17
4.2 Conditions météorologiques observées lors de la campagne de mesures	19
5. Résultats de la campagne de mesures.....	22
5.1 Données statistiques sur les deux sites de mesures	22
5.2 Zoom sur les résultats obtenus à Cannes.....	23
5.3 Zoom sur les résultats obtenus à La Môle.....	32
6. Conclusions	45
GLOSSAIRE.....	46
ANNEXE 1	49
ANNEXE 2	53
ANNEXE 3	54
ANNEXE 4	55

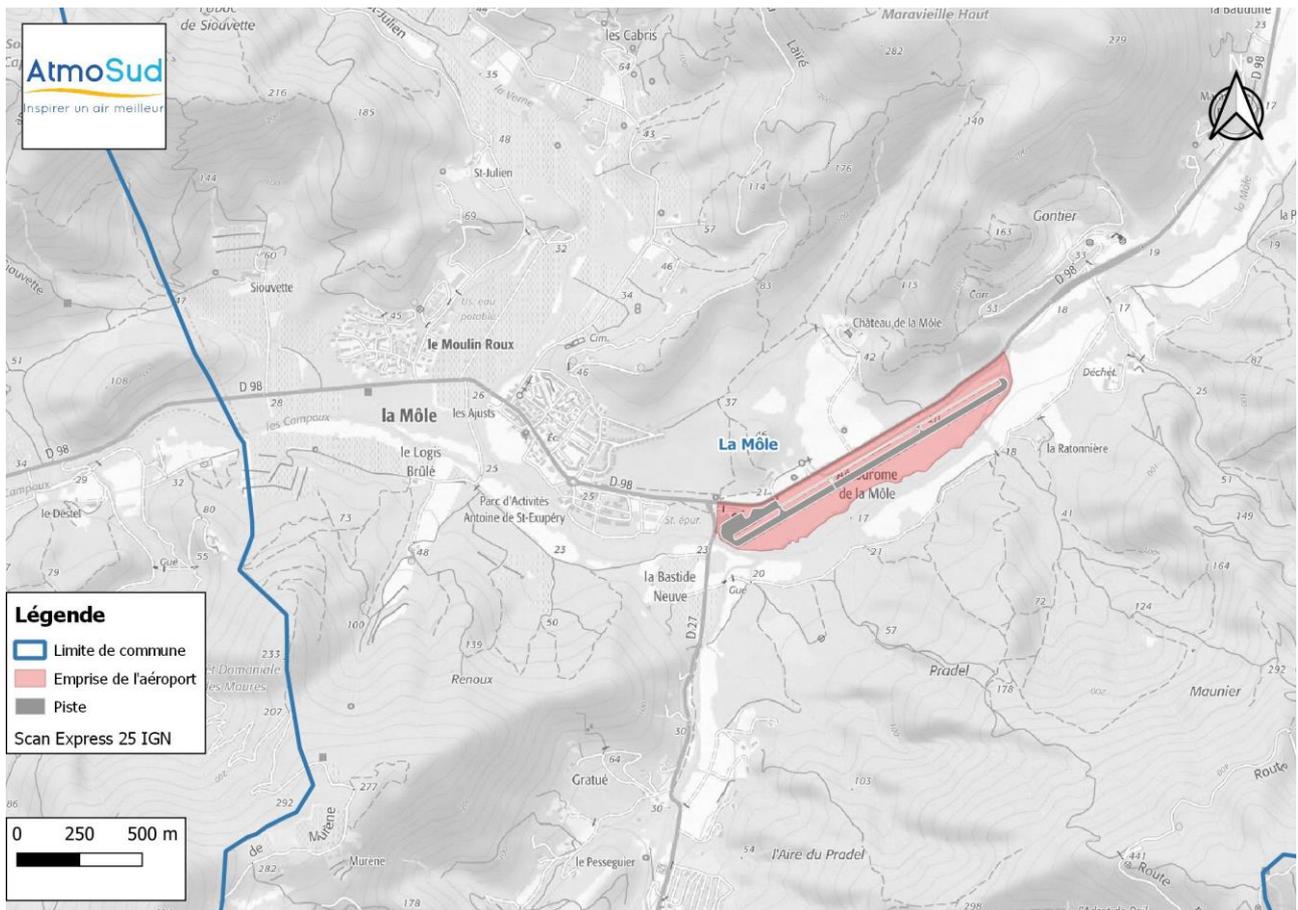
1. Contexte de l'étude

Cette étude fait référence à la convention établie entre les Aéroports de la Côte d'Azur (ACA) et AtmoSud et définissant les actions d'évaluation de la qualité de l'air pour chaque plateforme gérée par ACA (Aéroport Nice Côte d'Azur, Aéroport Cannes-Mandelieu, Aéroport du Golfe de Saint-Tropez). L'action prévue en 2020 consistait en une première évaluation des niveaux de particules sur l'Aéroport du Golfe de Saint-Tropez. Or, le contexte particulier de cette année 2020, marquée par l'épidémie de la COVID-19 et les mesures de confinement décrétées sur le territoire français, a conduit à une baisse drastique de fréquentation pour les trois Aéroports de la Côte d'Azur dont l'activité a été quasi totalement à l'arrêt durant plusieurs mois.

Aussi a-t-il été décidé d'un commun accord, de reporter cette étude d'un an et de la réaliser en parallèle avec celle prévue sur la plateforme de Cannes-Mandelieu en 2021.

Le présent document fait donc état des premières évaluations de particules sur les plateformes de Cannes-Mandelieu et du Golfe de Saint-Tropez, dont les localisations sont proposées sur les cartes ci-après.





Carte 2 : Localisation de l'aéroport de la Môle

2. Descriptif des zones d'étude

2.1 Plateforme de Cannes-Mandelieu

2.1.1 Climatologie à Cannes

Les conditions climatiques généralement observées sur la zone d'étude sont issues de la station météorologique de Météo France située à l'aéroport de Cannes depuis mars 1949, et par conséquent parfaitement représentative de la climatologie de la zone d'étude.

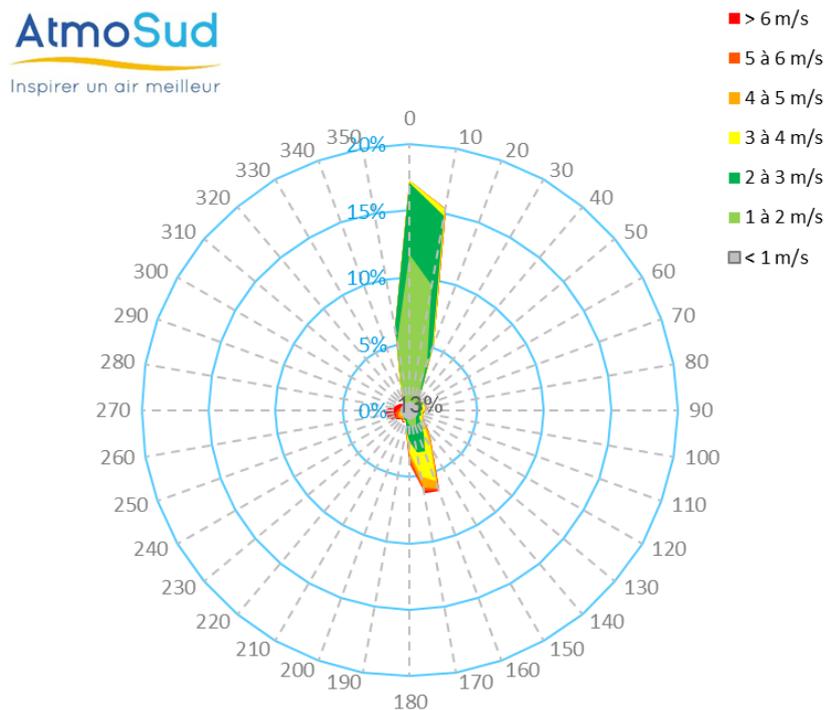
2.1.1.1 Régime de vent

La rose des vents de la Figure 1 est établie sur l'année 2020 et distingue deux régimes de vents principaux : le Nord et le Sud-Sud-Est, qui correspond au régime des brises alternées : brise de terre et brise de mer (cf Annexe 2).

La majorité des vents (plus de 40 % du temps) provient du secteur Nord (350°-10°). Leur vitesse est faible, essentiellement inférieure à 2 m/s (représenté en vert).

Le Sud-Sud-Est (160-170°) est le second régime de vent avec une occurrence de 12 % des vents enregistrés. L'intensité de ces vents est un peu plus soutenue avec des vitesses comprises entre 2 et 4 m/s.

A noter que 13% des vents ont une vitesse inférieure à 1 m/s.



Rose des vents - station Cannes Aéroport
01/01/2020 au 31/12/2020

Figure 1 : Rose des vents à la station Météo France de Cannes du 1^{er} janvier au 31 décembre 2020

2.1.1.2 Température et précipitations

Le profil de température relevé à la station Météo France de Cannes est classique avec une température qui culmine en juillet-août, frôlant les 28°C en moyenne maximale. La pluviométrie est un paramètre plus aléatoire d'une année sur l'autre. Cependant, les normales des hauteurs de précipitations moyennes sont généralement les plus importantes en automne, avec généralement entre 80 et 140 mm de hauteur de précipitations par mois.

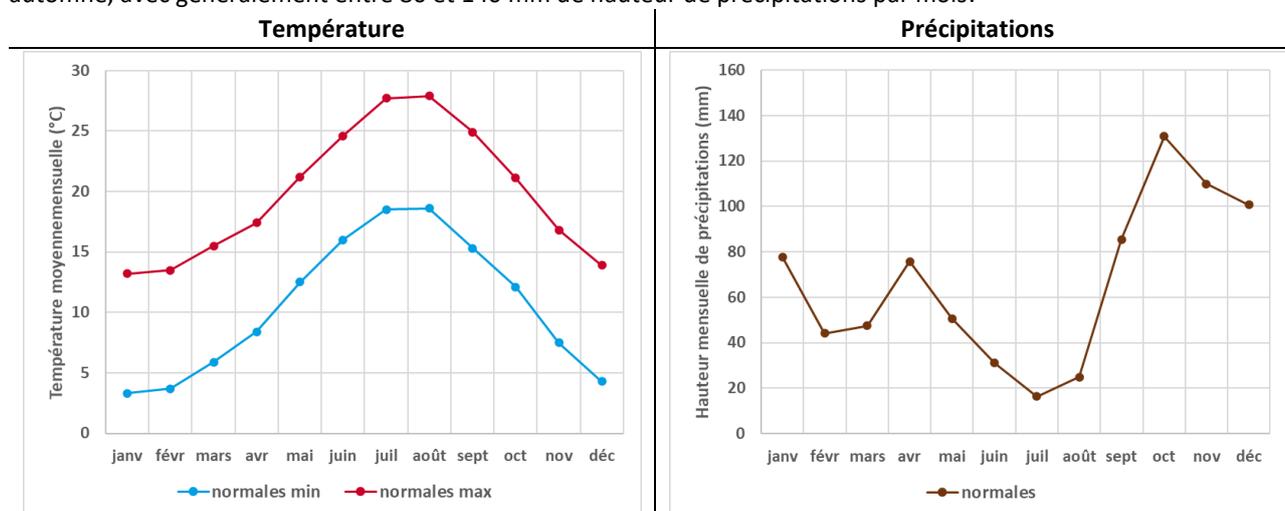


Figure 2 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Météo France à Cannes

2.1.2 Populations

L'aéroport de Cannes-Mandelieu occupe 155 hectares, répartis sur les communes de Cannes (79 ha) et de Mandelieu-la-Napoule (36 ha). Il se situe à l'Est de Mandelieu et proche du quartier de Cannes-la-Bocca à l'Ouest de la ville, jouxtant la zone d'activité des Tourrades et la zone industrielle de la Frayère au sud. En 2018, la population légale selon l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) était de 73 965 habitants à Cannes et 21 836 habitants à Mandelieu-la-Napoule (données INSEE, RP2018).

Les populations résidentes les plus proches de la plateforme sont situées :

- A l'Ouest de l'aéroport, dans le quartier de Cannes-La Bocca.
- A l'Est de l'aéroport, dans les quartiers du Cottage et de la Sumerie à Mandelieu.

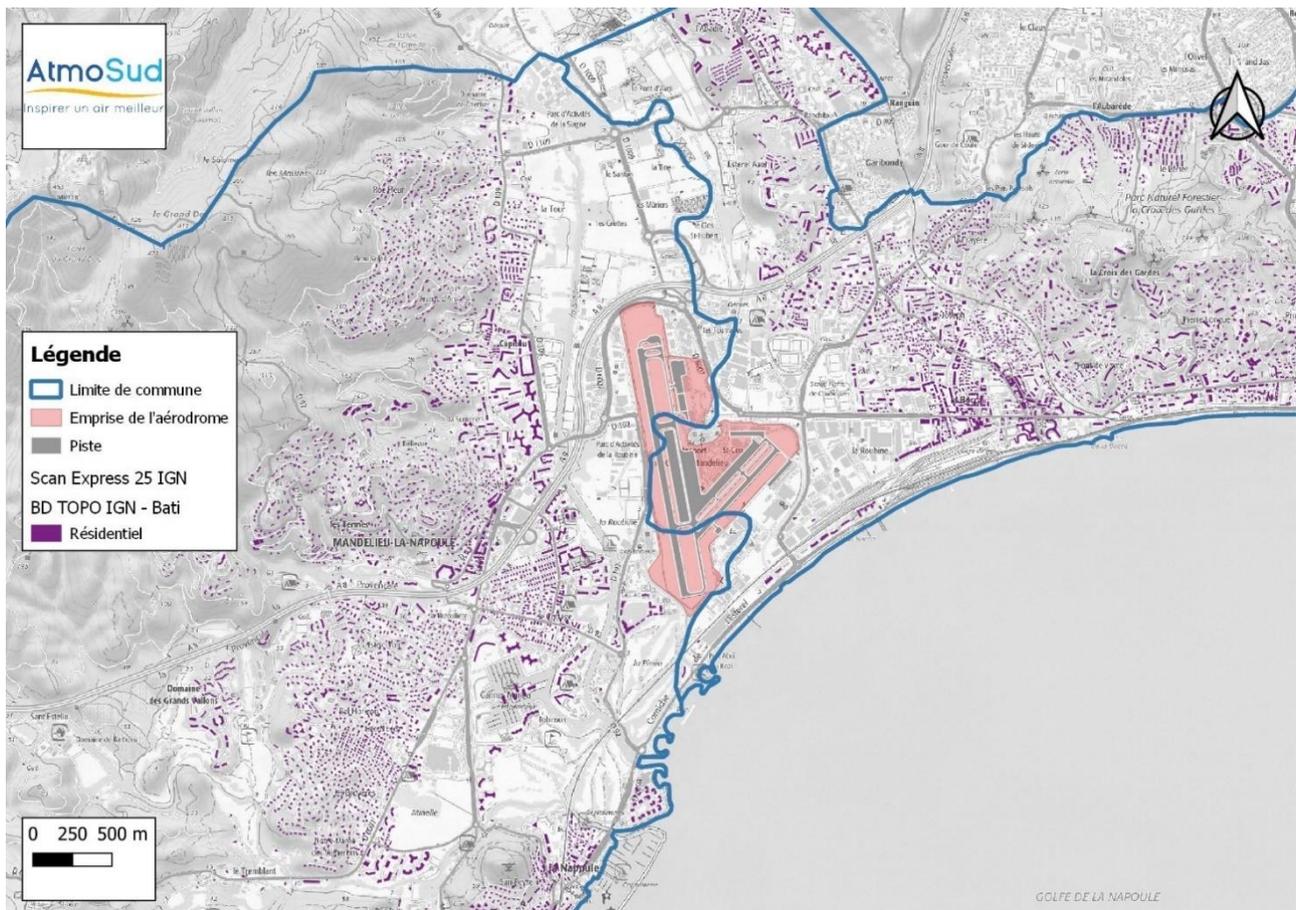


Figure 3 : Localisation des populations résidentes les plus proches de l’aéroport de Cannes-Mandelieu

2.1.3 Sources de pollution : transports, activité économique et industrie

A proximité du domaine d’étude sont présents notamment :

- Concernant les transports :
 - Des axes routiers, dont l’autoroute A8, qui passe en bordure immédiate de l’aéroport. Dans une moindre mesure sont recensés la départementale 6007, mais également tout le réseau routier relié à la desserte et l’attractivité des zones d’activités ou industrielles des Tourrades, du Béal, de la Roubine, de la Frayère et la Provençale.
 - la voie ferrée, au Sud, longeant le bord de mer (Est/Ouest) et reliant notamment l’Italie à l’Espagne.
 - Enfin, Port-Inland le premier port à sec d’Europe, est implanté à proximité de l’aéroport sur la commune de Mandelieu, pouvant générer une circulation supplémentaire, notamment en période estivale.
- Concernant l’activité économique et l’industrie :
 - Des parcs d’activités et zones industrielles sont comme mentionnés précédemment présents tout autour de l’installation, pouvant être à l’origine de multiples émissions atmosphériques
 - Les sites classés ICPE de THALES ALENIA SPACE situé au sud de l’aéroport, et de la déchetterie de la SMED, au nord de l’aéroport.

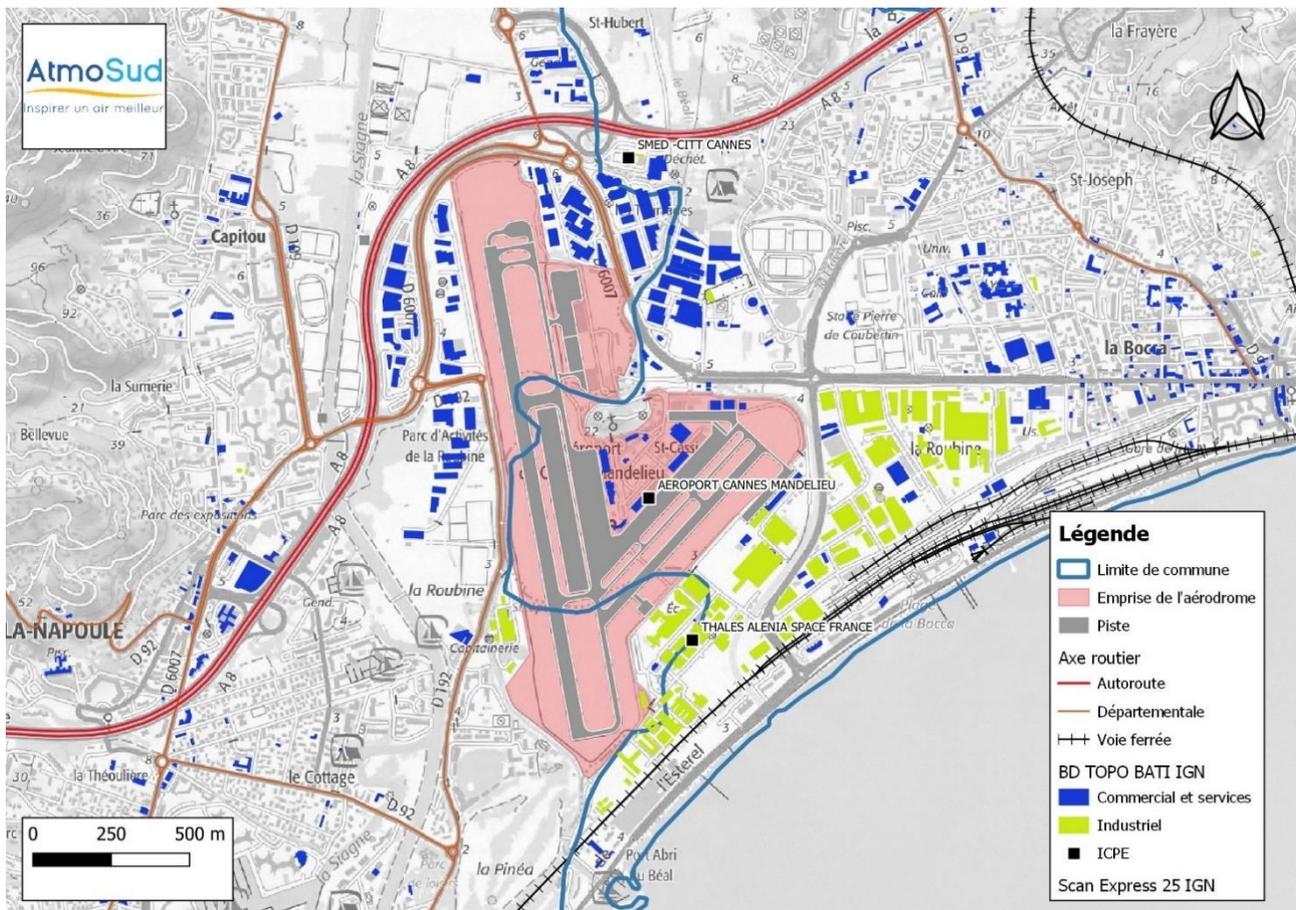


Figure 4 : Description de l'environnement de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

2.2 Plateforme du Golfe de Saint-Tropez

2.2.1 Climatologie à Bormes les Mimosas

Les conditions climatiques de référence utilisées pour l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez situé à la Môle sont issues de la station météorologique de Météo France la plus proche de la zone d'étude. Elle est implantée à Bormes-les-Mimosas depuis novembre 1969, soit à environ 8 kilomètres à l'ouest de l'aéroport. Les paramètres de vent sont également mesurés à l'aéroport et seront comparés aux valeurs du site de Météo France.

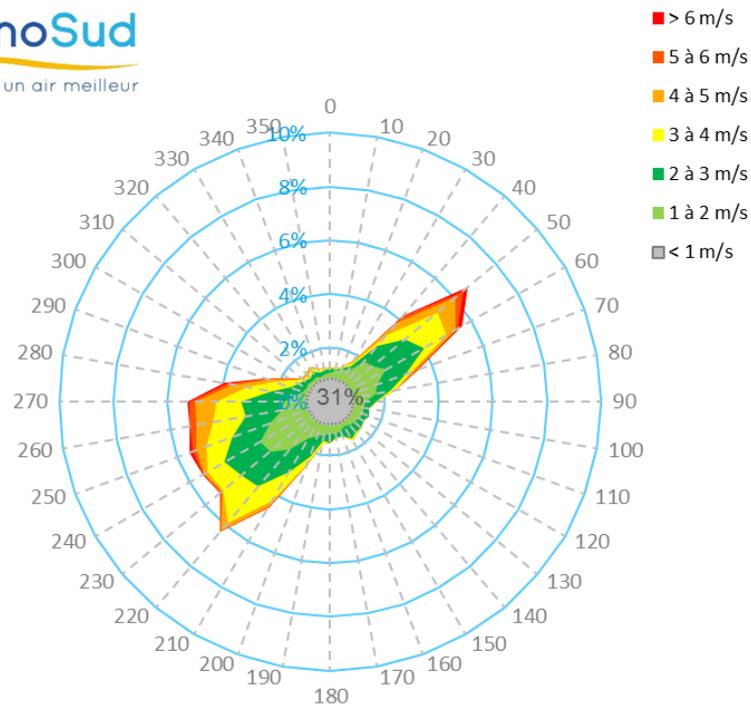
2.2.1.1 Régime de vent

La Figure 5 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montre la rose des vents établie pour l'année 2020 à la station de Bormes-les-Mimosas. Deux régimes de vent se distinguent, un large secteur Ouest-Sud-Ouest et le Nord-Est, en cohérence avec le relief et la percée du réseau routier.

Les vents en provenance du secteur Sud-Ouest (220-240°) sont les plus fréquents représentant 32 % des vents présents et arborent des vitesses faibles pour la plupart (représenté en vert) voire nulle (inférieures à 1 m/s). Dans ce large secteur Ouest-Sud-Ouest, les vents les plus forts, avec une vitesse entre 4 et 5 m/s, viennent de l'Ouest

Les vents de Nord-Est (40-60°), autre direction privilégiée, comptent pour 13 % des vents enregistrés et sont davantage plus forts. Les vitesses sont essentiellement comprises entre 4 et 5 m/s.

Enfin, un tiers des vents a une vitesse inférieure à 1 m/s.



**Rose des vents - station Bormes-les-Mimosas
01/01/2020 au 31/12/2020**

Figure 5 : Rose des vents à la station Météo France de Bormes-les-Mimosas du 1^{er} janvier au 31 décembre 2020

2.2.1.2 Température et précipitations

Le profil de température relevé à la station Météo France de Bormes-les-Mimosas est comparable à celui de Cannes avec toutefois un écart de température entre min et max plus conséquent d'environ 15°C en été.

Comme indiqué précédemment, la pluviométrie peut varier nettement d'une année à l'autre. Cependant, à Bormes-les-Mimosas comme à Cannes, la période la plus pluvieuse se trouve être l'automne (jusqu'à janvier cependant), avec des hauteurs de précipitations totales mensuelles dépassant les 100 mm.

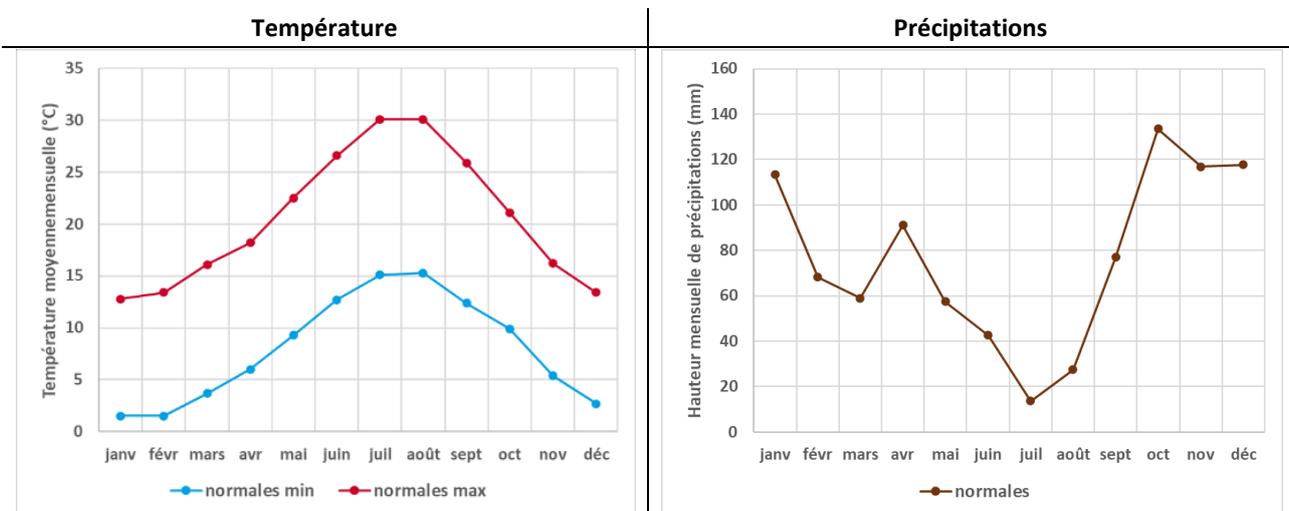


Figure 6 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Météo France à Bormes-les-Mimosas

2.2.2 Populations

L'aéroport du Golfe de Saint-Tropez, dans le Var, est situé à 15 kms au Sud-Ouest de Saint-Tropez sur la commune de la Môle dont il occupe 32 hectares. En 2018, la population légale selon l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) était de 1 446 habitants (données INSEE, RP2018),

Les populations résidentes les plus proches sont situées à l'Ouest-Nord-Ouest de l'aéroport, dans le village de la Môle.

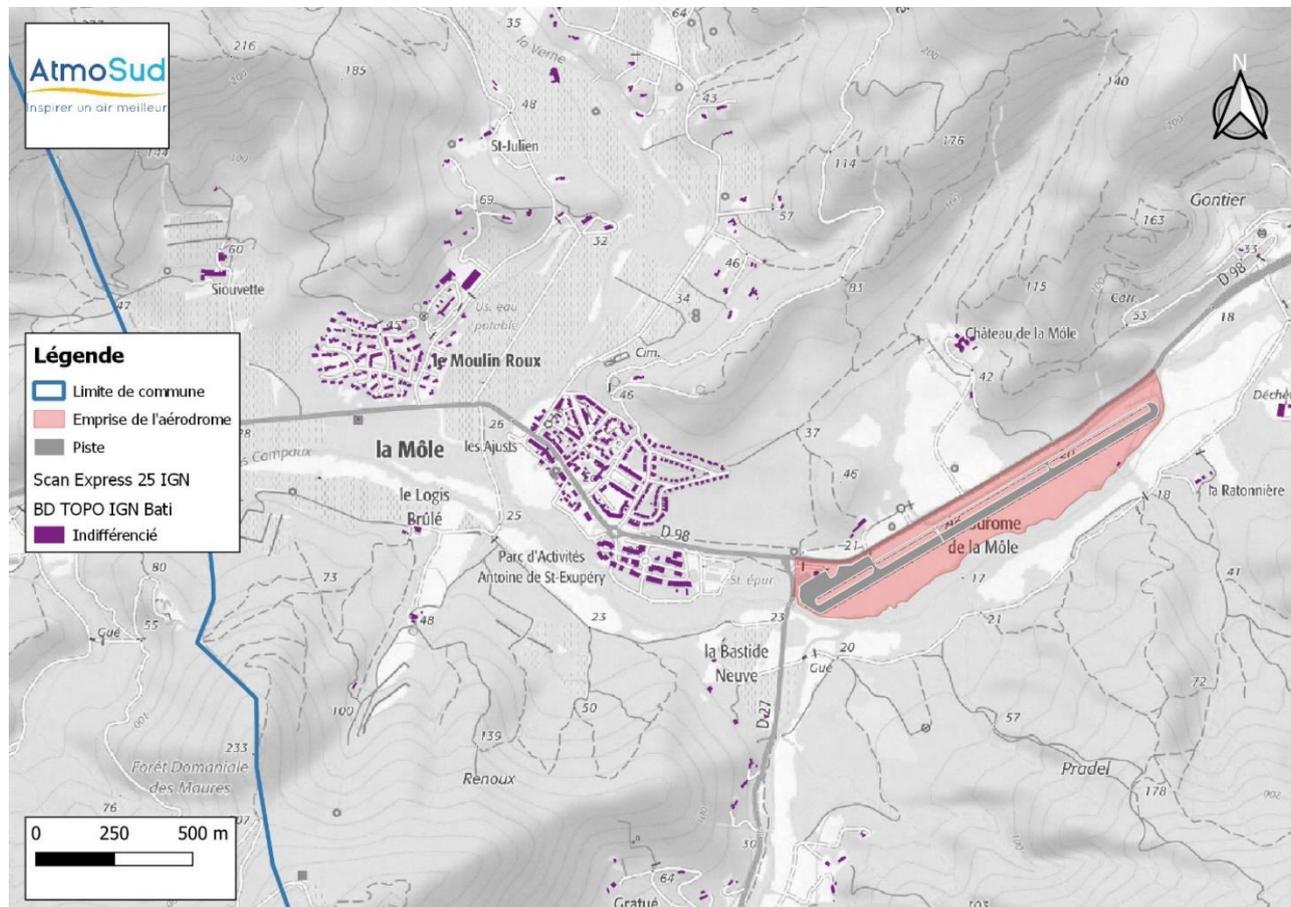


Figure 7 : Localisation des populations résidentes les plus proches de l'aéroport de La Môle

2.2.3 Sources de pollution : trafic routier et industries

A proximité du domaine d'étude sont présents notamment :

- Les départementales D98 et D27 comme principaux axes de circulation routière
- Des activités industrielles que sont la carrière de gneiss/rhyolite de la CEMEX, une plateforme de valorisation des déchets verts (compostage) et une déchetterie.

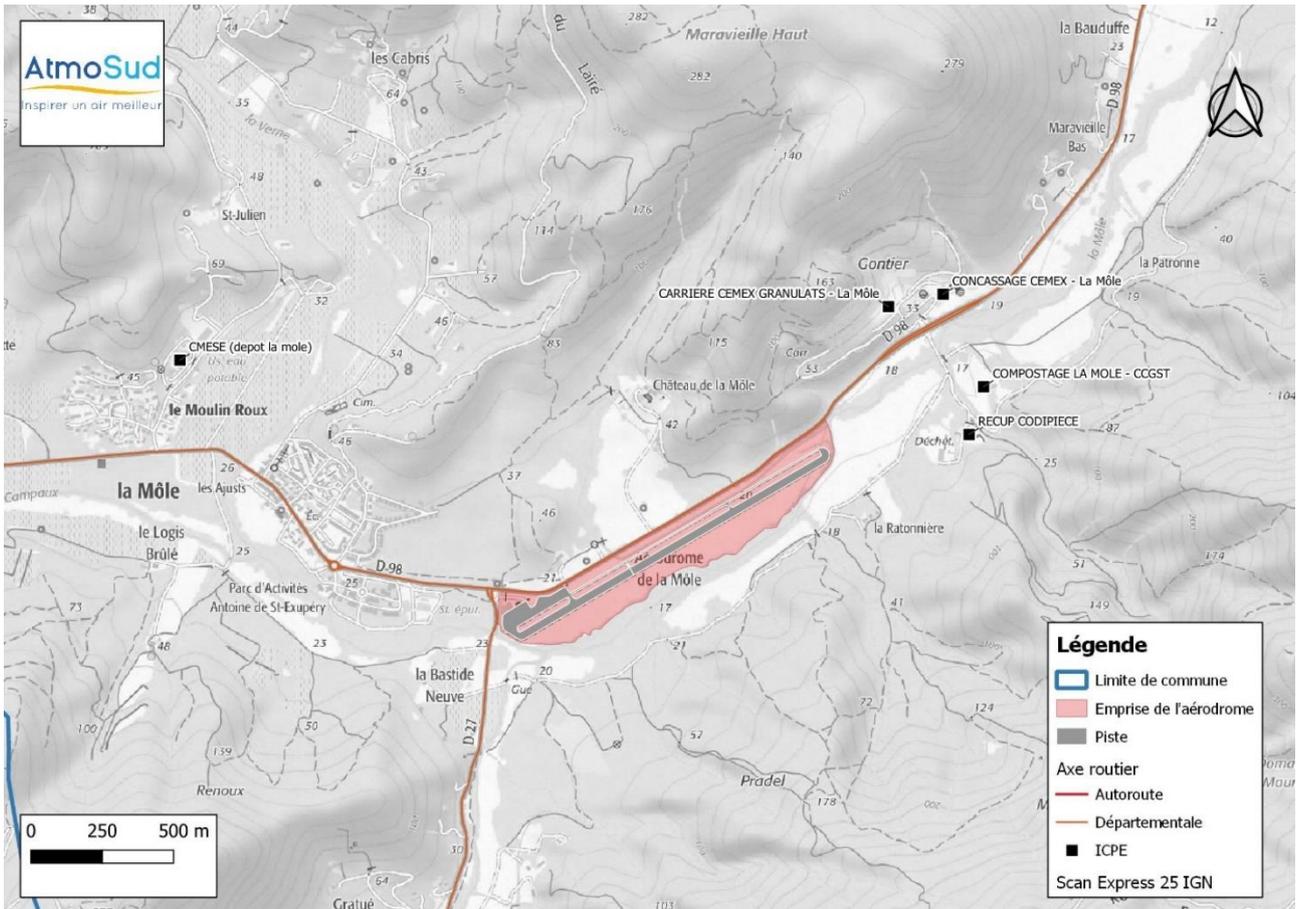


Figure 8 : Description de l'environnement de l'aéroport de la Môle

3. Qualification de la qualité de l'air sur les plateformes aéroportuaires

3.1 Emissions atmosphériques

AtmoSud met à disposition chaque année, auprès du grand public, l'ensemble de ses données produites (émissions détaillées, concentrations cartographiées, ...)¹. L'inventaire des émissions sur l'ensemble de la région et à l'échelle de la commune est réactualisé annuellement. Les émissions calculées sont réparties en différents secteurs dont le transport routier et les autres transports (maritime, aérien, ferroviaire), l'industrie.

Dans ce document sont indiquées uniquement les émissions de particules PM10 et PM2,5. Pour les Particules Ultra Fines (PUF), à ce jour **il n'existe pas encore d'inventaire**.

3.1.1 Cannes-Mandelieu

Les émissions du trafic aérien sont uniquement attribuées à la ville de Cannes et non réparties sur Cannes et Mandelieu.

Les PM10 issues du trafic routier sont majoritaires et sont en constante diminution depuis 2007. Le résidentiel est le deuxième secteur le plus émetteur de particules PM10, ses émissions suivent la même tendance jusqu'en 2014 puis se stabilisent. Cumulés, ces deux secteurs représentent entre 67 et 80 % des émissions. L'industrie occupait jusqu'en 2014 la troisième place mais, suite à la baisse de moitié des émissions de polluants atmosphériques non énergétiques, la cède au transport aérien. Le secteur connaît une hausse de ses émissions en 2016 et 2017.

Les émissions de PM2,5 évoluent de la même façon avec toutefois une proportion différente. Trafic routier et résidentiel sont les principaux émetteurs mais dans l'ordre inverse. Le transport aérien est toujours troisième.

En 2018, 14.5 % des émissions de PM10 et 9.7 % des émissions de PM2,5 proviennent alors du transport aérien.

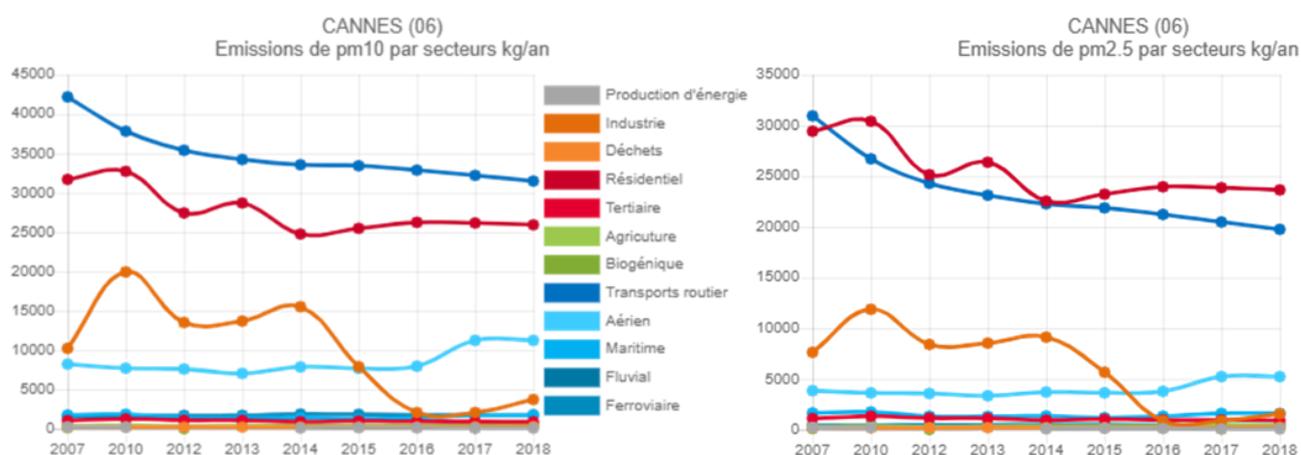


Figure 9 : Emissions des particules par grand secteur d'activité entre 2007 et 2018 (kg/an) sur la ville de Cannes

¹ <https://opendata.atmosud.org/>

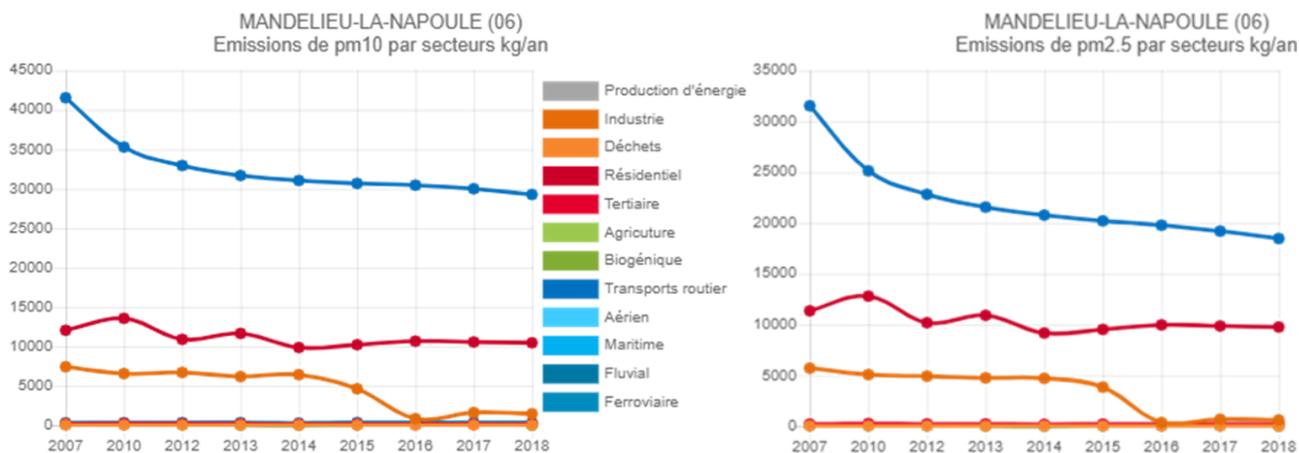


Figure 10 : Emissions des particules par grand secteur d'activité entre 2007 et 2018 (kg/an) sur la ville de Mandelieu

En 2019, la mise à jour de l'inventaire du secteur aérien intègre les données de TARMAAC fournies par la DGAC. Ces données offrent une meilleure couverture géographique et un ajustement des facteurs d'émission sur les petits aérodromes. Les méthodes de rapportage des émissions décrites sont référencées en annexe 3.

En raison de l'enjeu sanitaire local de ces polluants, les émissions du cycle LTO (< 1000m) de tous les mouvements, à la fois domestiques et internationaux, sont affectées à l'aéroport.

Les émissions de ces polluants provenant de la phase croisière (>1000 m) ne sont pas intégrées au bilan de l'aéroport.

Les émissions du cycle LTO sont précisées dans le graphe ci-dessous. Elles comprennent également la phase d'usure (pneus, route). En 2019, 4324.2 kg de PM10 ont été émisés et 2563.5 kg de PM2,5.

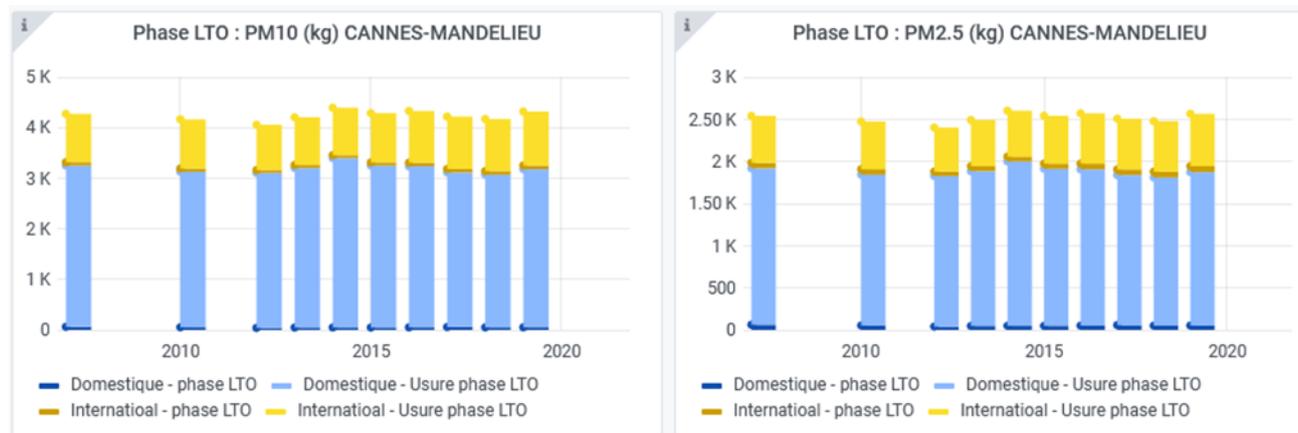


Figure 11 : Emissions des particules entre 2007 et 2019 (kg/an) pour l'aéroport de Cannes-Mandelieu

3.1.2 La Môle

L'industrie est principale source d'émissions de PM10 (environ 75 %), s'expliquant par la présence d'une carrière au Nord-Est de l'aéroport. Entre 2010 et 2015, la tendance est à la baisse puis après une forte hausse en 2015, les émissions entament une légère diminution.

Les émissions de PM10 se répartissent ensuite en 3 autres secteurs dont le transport routier et le résidentiel qui, à eux deux représentent environ 20 % des émissions. Ces dernières décroissent depuis 2007 pour le routier et 2010 pour le résidentiel. Le trafic aérien, lui, est le 4^{ème} secteur émetteur de PM10, affichant cependant, une évolution inverse avec une hausse constante de ses émissions depuis 2013.

Les émissions de PM2,5 sont plus homogènes. L'industrie est toujours majoritaire mais avec un écart moindre avec les 2 autres grands secteurs émetteurs que sont le transport routier et le résidentiel. Dans l'ensemble, les émissions de ces 3 secteurs tendent à diminuer, notamment pour le transport routier. Le transport aérien, bien que toujours quatrième secteur, voit ses émissions de PM2,5 augmenter. L'agriculture émet davantage de PM2,5 que de PM10,

En 2018, 5,8 % des émissions de PM10 et 10 % des émissions de PM2,5 proviennent alors du transport aérien.

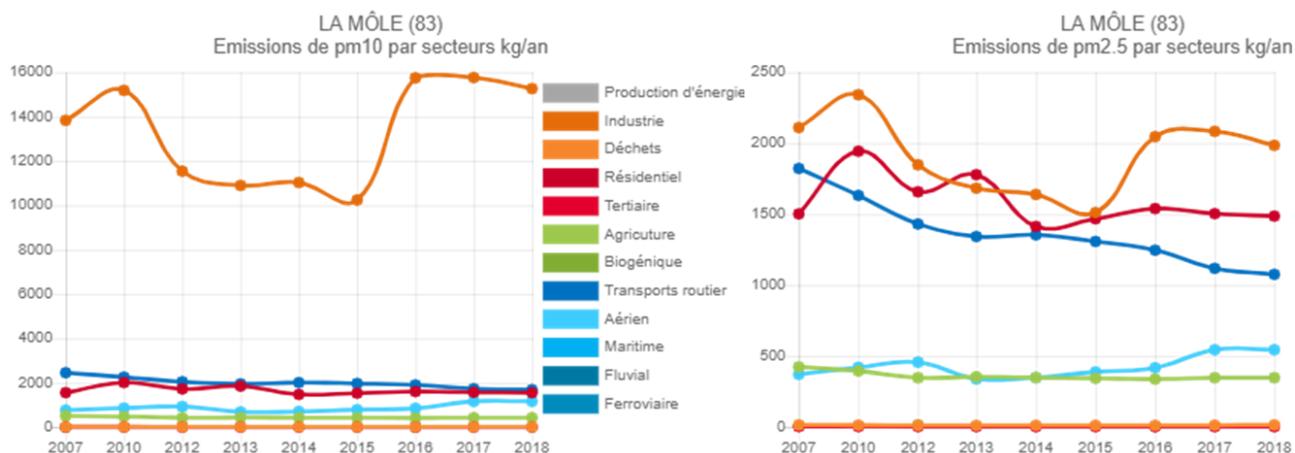


Figure 12 : Emissions des particules par grand secteur d'activité entre 2007 et 2018 (kg/an) sur la ville de La Môle

L'intégration des données de TARMAAC, fournies par la DGAC, dans la mise à jour de l'inventaire du secteur aérien indique pour 2019, sur la plateforme de Saint-Tropez. 1037.4 kg de PM10 ont été émis et 611.1 kg de PM2,5.

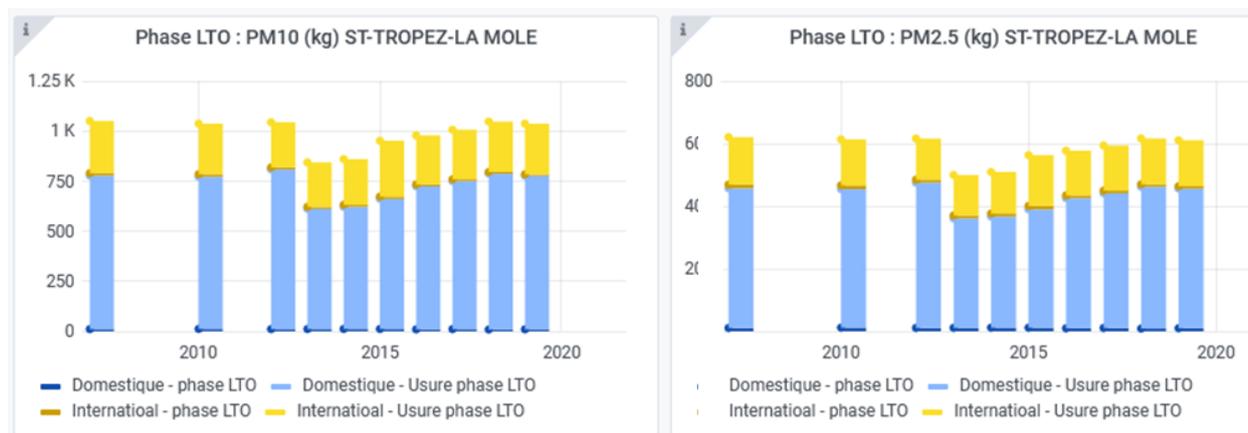


Figure 13 : Emissions des particules entre 2007 et 2019 (kg/an) pour l'aéroport de Saint-Tropez/La Môle

3.2 Mesures réalisées par AtmoSud

Le réseau de surveillance permanent d'AtmoSud mesure en continu sur l'ensemble de la région la plupart des polluants réglementés². Seule la station de Cannes implantée depuis 1998, est comprise dans le périmètre de l'étude. Un micro-capteur y a également été installé pour comparaison avec l'analyseur permanent de particules. Cette station dispose de l'ensemble des tailles de particules prises en compte par les micro-capteurs et sert de référence à cette étude.

Cette station (Cannes Broussailles) installée depuis plus de 20 ans, suit en continu les niveaux de 4 polluants réglementés que sont l'ozone, les oxydes d'azote et les particules de diamètre inférieur à 10 microns et 2,5 microns.

En 2020, la mesure sur ce site s'est élargie aux particules de diamètre inférieur à 1 micron, dont l'impact sanitaire est plus grand. En effet, plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire pouvant engendrer des conséquences sanitaires graves.

² <https://www.atmosud.org/donnees/acces-par-station>

4. Réalisation de la campagne par micro-capteur

L'objectif de cette étude est une première évaluation des **niveaux de particules sur les plateformes du Golfe de Saint-Tropez à La Môle et de Cannes-Mandelieu** afin de compléter les premières mesures en oxydes d'azote et BTEX réalisées respectivement en 2017 et 2018, selon la convention signée entre la SAACA et AtmoSud.

4.1 Méthodologie et échantillonnages

Le contexte particulier de l'année 2020 a modifié les programmations établies. La crise mondiale liée à l'apparition de la COVID-19 et les mesures de confinement qui ont suivies ont entraîné une baisse drastique de fréquentation des aéroports d'environ 70 %.

Ainsi, les équipes des Aéroports de la Côte d'Azur et d'AtmoSud ont décidé de décaler d'un an la campagne de mesure pour l'Aéroport du Golfe de Saint-Tropez, initialement prévue à l'été 2020 et de la réaliser en même temps que celle pour l'Aéroport Cannes-Mandelieu prévue à l'été 2021. Ainsi cela permet de s'affranchir d'une année 2020 atypique en termes d'activité et d'établir des comparaisons entre les 2 plateformes par la mise en place de mesures conjointes.

4.1.1 Echantillonnages spatial et temporel

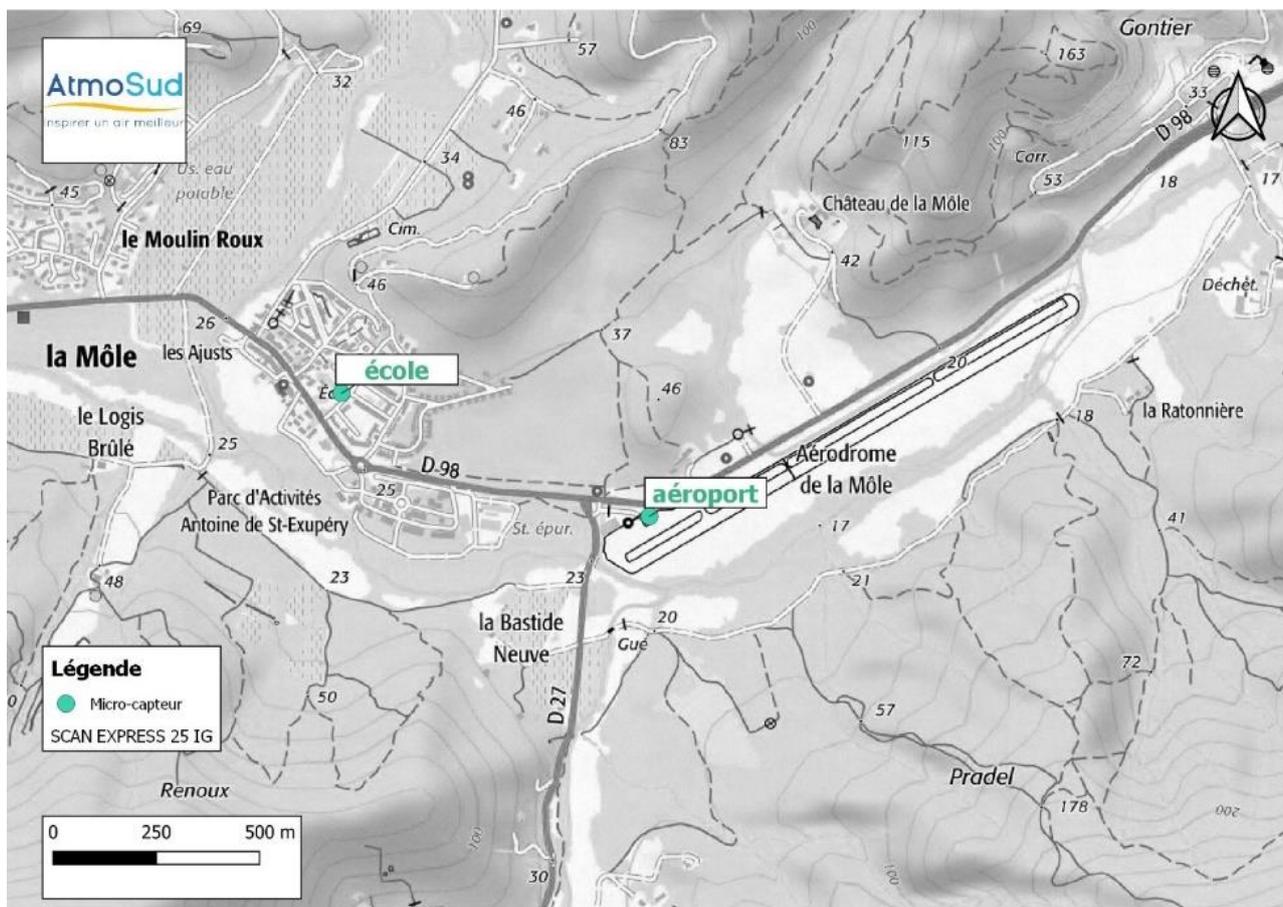
La répartition des 5 micro-capteurs sera comme suit :

- Cannes : 3 micro-capteurs, dont un installé à la station fixe des Broussailles pour disposer d'une référence avec un analyseur réglementaire, un second sera positionné au terminal de l'aéroport et le troisième au nord de l'aéroport sur le couloir d'atterrissage au niveau de la pépinière Rubino à Mandelieu.



Carte 3 : emplacement des sites de mesure autour de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

- La Môle : 2 micro-capteurs, dont un sera au terminal de l'aéroport et le second dans la commune de La Môle, à proximité de l'école.



Carte 4 : emplacement des sites de mesure autour de l'aéroport de la Môle

La période de mesures des particules PM10, PM2,5 et PM1 s'étale du **29 juin au 3 août 2021**.

4.1.2 Matériel de mesure

Les analyseurs choisis sont des micro-capteurs Nexelec PMo, alimentés soit par panneau solaire soit sur alimentation secteur.

Ce nouveau matériel offre la possibilité d'évaluer de façon conjointe 3 tailles différentes de particules, les PM10, les PM2,5 et les PM1.



4.1.3 Validité des mesures

Pour cette première campagne avec ce matériel, les performances des micro-capteurs ont été évaluées par comparaison avec les données de l'analyseur automatique installé dans la station permanente de Cannes Broussailles. Cet appareil fournit également les 3 gammes de taille de particules, PM10, PM2,5 et PM1. Le détail de la validité des mesures est proposé en Annexe 4.

4.2 Conditions météorologiques observées lors de la campagne de mesures

4.2.1 A l'aéroport de Cannes-Mandelieu

Les données météorologiques utilisées sont issues de la station Météo France de l'Aéroport de Cannes.

La rose des vents durant la période étudiée, soit du 29 juin 2021 au 3 août 2021 est similaire à celle obtenue sur l'année (cf

Figure 1) et met en évidence deux régimes de vents principaux et de fréquence comparable : le Nord et le Sud-Sud-Est, ce qui correspond essentiellement au régime des brises alternées : brise de terre et brise de mer (cf Annexe 2).

En provenance du Nord (0-10°), les vents ont des vitesses ne dépassant que rarement les 3 m/s (représenté en vert).

Les vents du Sud-Sud-Est (160-170°) se caractérisent par des vitesses plus fortes, comprises entre 3 et 6 m/s.

A noter que les vents d'Ouest (260-280°) sont ceux pour lesquels les vitesses sont les plus élevées et supérieures à 6 m/s. Ces conditions favorisent une meilleure dispersion de la pollution atmosphérique.

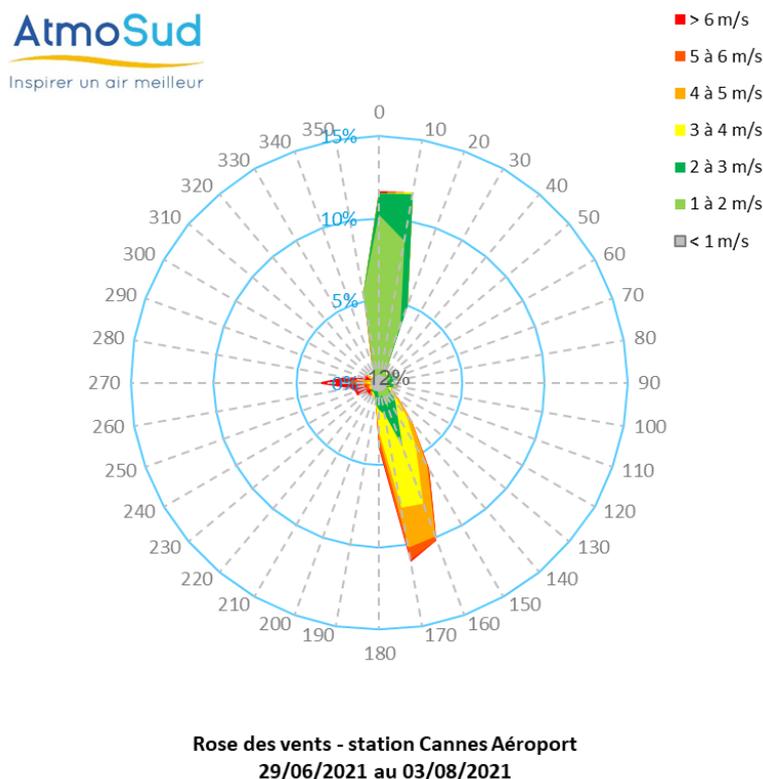


Figure 14 : Rose des vents sur la station Météo France Cannes Aéroport pendant la campagne de mesures

Durant la période d'étude (29 juin – 3 août, grisée sur le graphe), la température est en cohérence avec les minimales et maximales habituellement relevées.

Avec un cumul de 8 mm, la pluviométrie est en déficit comparativement aux normales. 6 jours de pluie sont comptabilisés, les 4, 8, 13, 16, 17 et 26 juillet. Le maximum est observé le 16 juillet, avec 4.4 mm, puis 1.8 mm sont tombés le 26 juillet en soirée et le 4 juillet enregistre 1.2 mm. Le reste de la pluviométrie se répartit sur les autres jours.

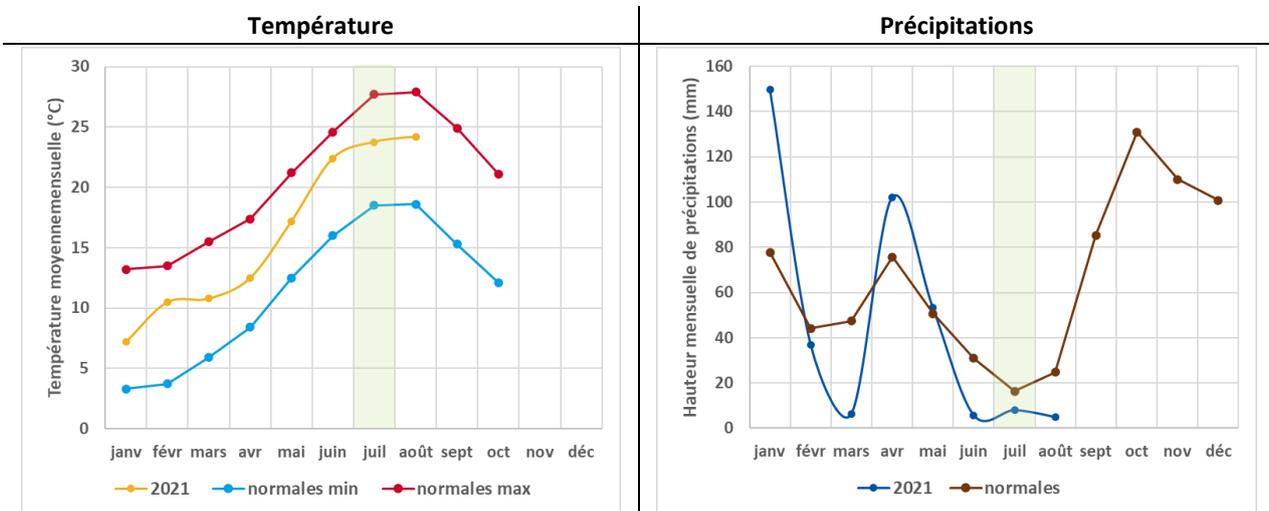


Figure 15 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Météo France de Cannes

Ainsi, la campagne de mesures s'est déroulée dans des conditions météorologiques représentatives de celles généralement observées sur la zone d'étude.

4.2.2 A l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez / La Môle

Les données météorologiques utilisées sont issues de la station de l'Aéroport de Saint-Tropez.

La rose des vents durant la période étudiée, soit du 29 juin 2021 au 3 août 2021 à l'aéroport de Saint-Tropez (à gauche) est assez comparable à celle de Bormes-les-Mimosas (cf Figure 5) avec un régime de vents dans l'axe du secteur Ouest-Sud-Ouest/Est-Nord-Est en lien avec la topographie du lieu. Toutefois, à l'aéroport de Saint-Tropez, les vents viennent davantage du Sud-Sud-Ouest, car la D27 (route vers le Rayol-Canadel) crée une trouée favorisant le passage des vents dans cette direction, différente de celle de Bormes, conditionnée par la présence de la D98 (forçage des vents).

Ainsi, majoritairement les vents viennent du Sud-Sud-Ouest (190°-210°) et les vitesses supérieures à 4 m/s (représenté en orange et rouge) sont bien plus nombreuses qu'à Bormes.

Les vents d'Est-Nord-Est (60-80°) sont moins fréquents et essentiellement (70 %) avec des vitesses inférieures à 4 m/s.

Un quart des vents sont nuls, soit de vitesse inférieure à 1 m/s.

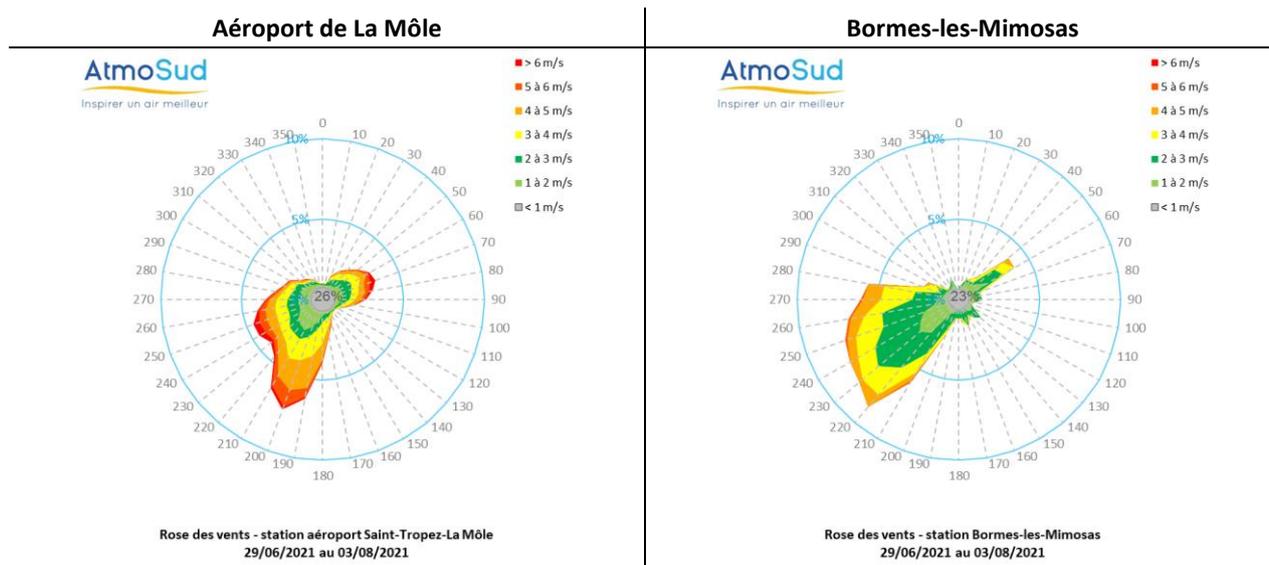


Figure 16 : Rose des vents à l'aéroport de la Môle et à la station Météo France Bormes-les-Mimosas

La température moyenne au cours de l'étude (29 juin-3août) est cohérente avec les minimales et maximales habituellement observées.

En revanche, le mois de juillet a été sec avec une pluviométrie de 2.6 mm, inférieure aux normales saisonnières. Malgré de faibles précipitations 7 journées sont concernées : les 7, 17, 22, 24, 25 et 27 juillet avec seulement 0.2 mm et le 16 juillet, jour du maximum avec 1.4 mm.

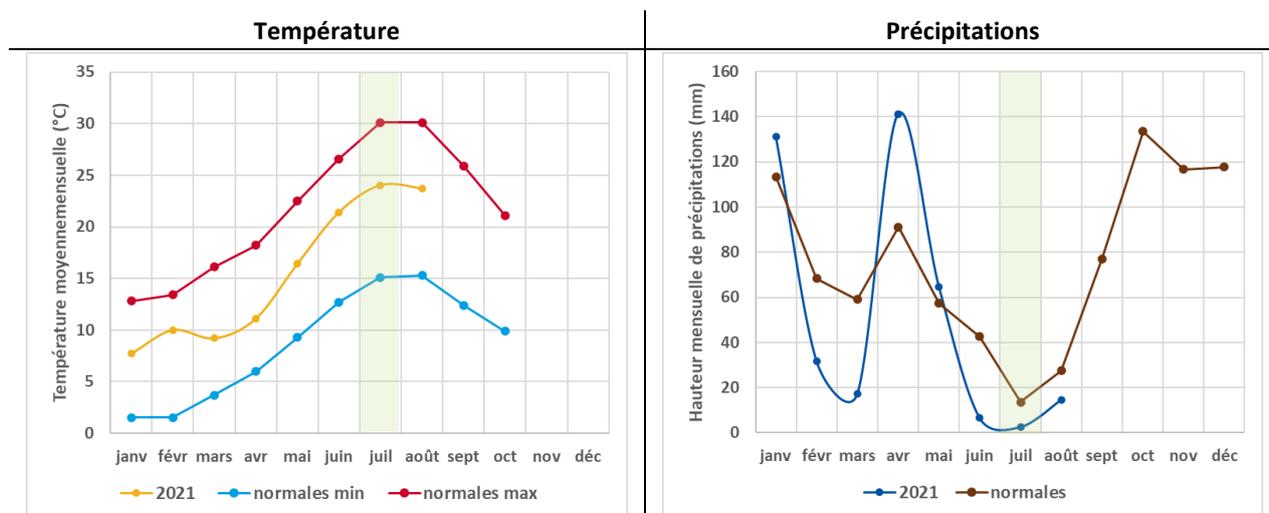


Figure 17 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Météo France de Bormes-les-Mimosas

Ainsi, la campagne de mesures s'est déroulée dans des conditions météorologiques représentatives de celles généralement observées sur la zone d'étude.

5. Résultats de la campagne de mesures

5.1 Données statistiques sur les deux sites de mesures

Les tableaux suivants indiquent, selon différents pas de temps, les statistiques en PM10, PM2,5 et PM1 relevées sur les 3 sites de mesure autour de l'aéroport de Cannes-Mandelieu et le 2 sites autour de l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez. Les valeurs journalières permettent d'isoler des journées particulières avec une forte ou une faible émission de particules, les valeurs horaires donnent accès au comportement heure par heure au cours de la journée, elles peuvent également être mises en relation avec les données météorologiques pour identifier leurs sources. Et les valeurs quart-horaires conduisent à une plus grande précision pour des émissions ponctuelles comme celles issues des procédures de décollage ou atterrissage.

Tableau 1 : Statistiques des particules - aéroports de Cannes-Mandelieu et Saint-Tropez du 29 juin au 3 août 2021

Paramètre	Zone de Cannes				Zone de La Môle	
	Aéroport de Cannes-Mandelieu	Pépinière Rubino	Station Cannes Broussailles	Station AtmoSud Cannes	Aéroport du Golfe de Saint-Tropez	École de la Môle
Appareil de mesure	Micro-capteur	Micro-capteur	Micro-capteur	FIDAS	Micro-capteur	Micro-capteur
Taux de fonctionnement	100 %	100 %	83 %	100 %	100 %	100 %
PM10						
Moyenne	9.7	11.2	11.2	13.9	7.0	6.9
Maximum quart-horaire	218	239	40	37.8	109	96
Date du maximum quart-horaire	15/07/2021 00:45	17/07/2021 22:45	26/07/2021 16:15 30/07/2021 02:30	26/07/2021 08:15	2/07/2021 17:45	8/07/2021 14:45
Maximum horaire	62	116	34.8	35.5	35.3	26.8
Date du maximum horaire	15/07/2021 00:00	09/07/2021 23:00	26/07/2021 15:00	26/07/2021 13:00	2/07/2021 17:00	08/07/2021 14:00 26/07/2021 15:00
Maximum journalier	20.9	21.7	23.2	27.6	18.2	17.7
Date du maximum journalier	26/07/2021					
Nombre de jours > 50 µg/m ³	0					
PM2.5						
Moyenne	7.0	7.8	7.8	7.8	4.6	4.5
Maximum quart-horaire	161	153	30	22.3	39	34
Date du maximum quart-horaire	15/07/2021 00:45	09/07/2021 23:15	30/07/2021 02:30	30/07/2021 00:45	2/07/2021 17:45	24/07/2021 23:30
Maximum horaire	46	70.5	21.3	19.9	16.5	15.8
Date du maximum horaire	15/07/2021 00:00	09/07/2021 23:00	30/07/2021 02:00	26/07/2021 13:00	26/07/2021 16:00	24/07/2021 23:00 26/07/2021 15:00
Maximum journalier	14.7	15.7	15.9	16	12.4	11.9
Date du maximum journalier	26/07/2021					
PM1						
Moyenne	5.9	6.6	6.5	5.6	3.6	3.6
Maximum quart-horaire	145	118	27	18.7	21	30
Date du maximum quart-horaire	15/07/2021 00:45	09/07/2021 23:15	30/07/2021 02:30	30/07/2021 00:45	2/07/2021 17:45	24/07/2021 23:30
Maximum horaire	41.5	51.5	19	13.6	13.8	14
Date du maximum horaire	15/07/2021 00:00	09/07/2021 23:00	30/07/2021 02:00	30/07/2021 01:00	27/07/2021 00:00	24/07/2021 23:00
Maximum journalier	12.4	13.8	13.3	10.7	9.7	9.6
Date du maximum journalier	26/07/2021					

En ce qui concerne les résultats obtenus :

- Tout d'abord, les concentrations moyennes obtenues sont globalement **faibles** puisqu'elles sont généralement comprises entre 10 et 14 µg/m³ sur les points de mesures situés à Cannes et de l'ordre de 7 µg/m³ à la Môle pour les PM10. Ces concentrations moyennes chutent respectivement à 8 et moins de 5 µg/m³ pour les PM2.5 et 6 à moins de 4 µg/m³ pour les PM1.
- Si les maxima horaires et quart-horaires sont plus importants au niveau de l'aéroport de Cannes Mandelieu et de la pépinière Rubino en comparaison des autres points de mesures (pouvant atteindre plus de 200 µg/m³), leur caractère ponctuel n'influence que peu les concentrations moyennes, puisqu'en ces points les résultats obtenus sont inférieurs ou du même ordre de grandeur que ceux de la station de Cannes Broussailles. Une interprétation de ces maxima ponctuels est réalisée dans les paragraphes suivants.
- Enfin, il est à noter que la concentration maximale journalière sur l'ensemble des points de mesures est observée le même jour (le 26 juillet 2021), et ce pour tous les points de mesures et toutes les tailles de particules, correspondant à un niveau de fond en particules plus important sur l'ensemble de la région, comme le montre l'évolution des concentrations journalières sur les stations de la région sur les graphiques ci-après :

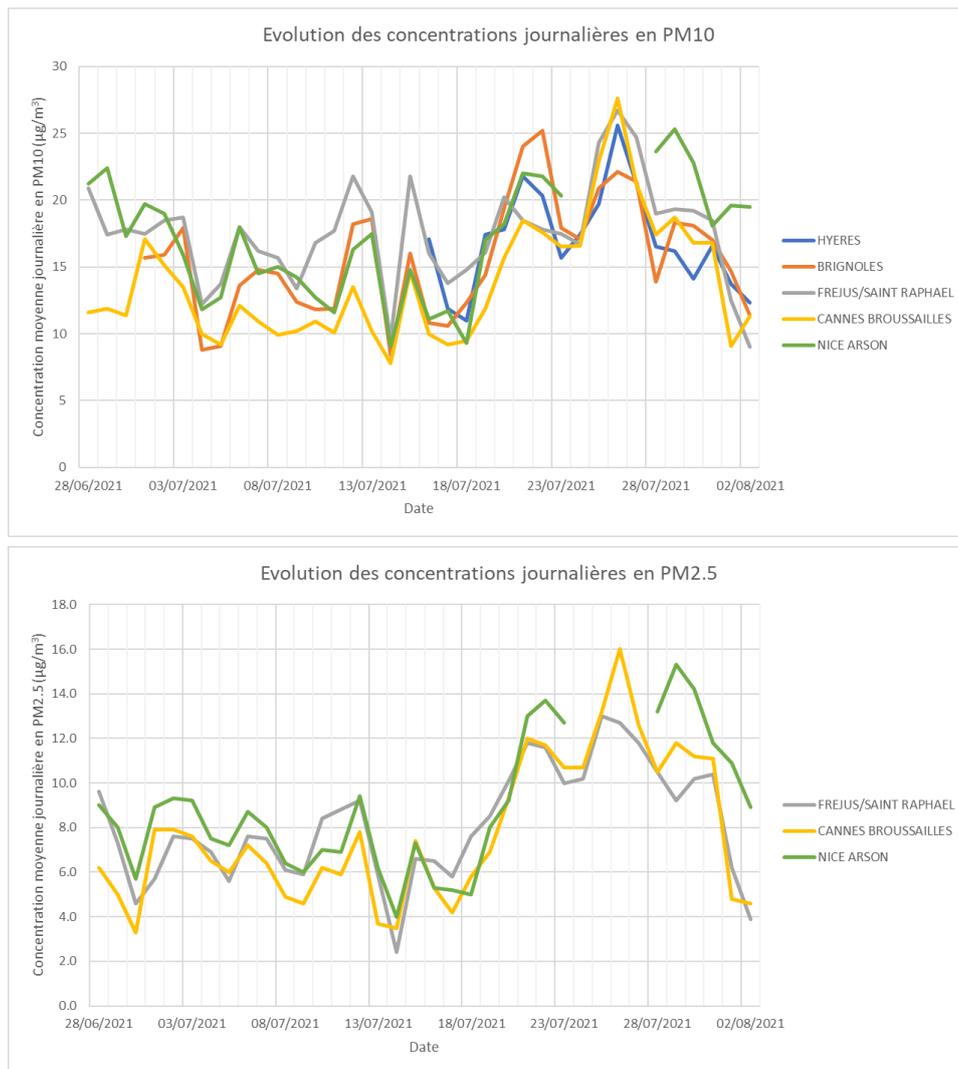


Figure 18 : évolution des concentrations journalières en PM10 et PM2.5 sur les stations de la région

5.2 Zoom sur les résultats obtenus à Cannes

5.2.1 Evolution journalière des particules

Les figures ci-dessous mettent en évidence une dynamique de comportement comparable entre les micro-capteurs (gris, orange et bleu), à quelques journées près. Les niveaux montrent de grandes similitudes pour la plupart du temps, excepté pour le capteur de la « pépinière Rubino » (orange) avec des teneurs pouvant être légèrement supérieures en début de campagne. Ainsi, l'influence de l'aéroport sur les concentrations moyennes est assez faible et peu visible.

Les 3 premières semaines (dont la période du festival de Cannes du 6 au 17 juillet), les niveaux sont globalement stables quel que soit le point de mesure et la taille de particule, pour augmenter pour tous les paramètres à partir du 19 juillet. Au pas de temps journalier n'est donc visible que la pollution de fond de la zone, sans influence notable de l'aéroport.

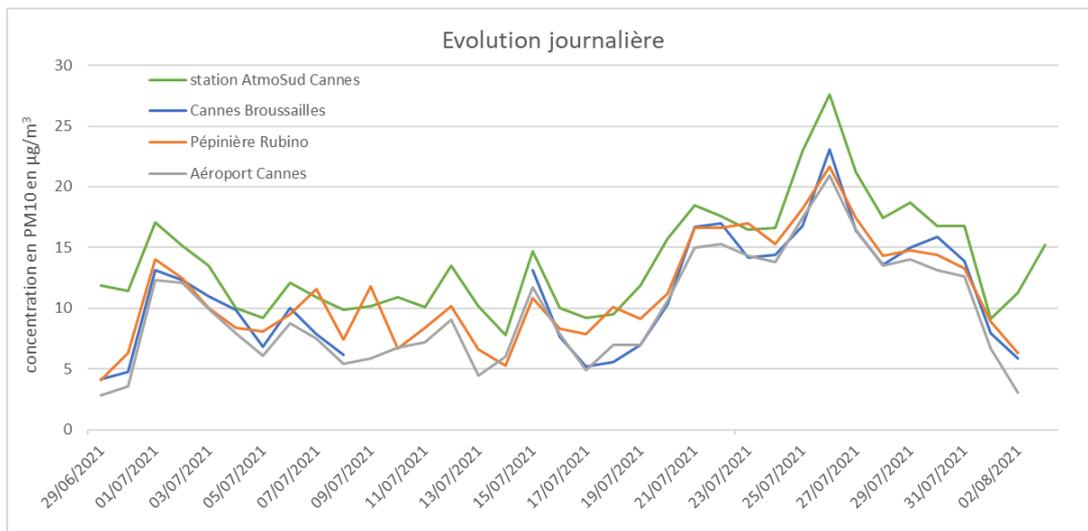


Figure 19 : évolution journalière des PM10 pour les sites de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

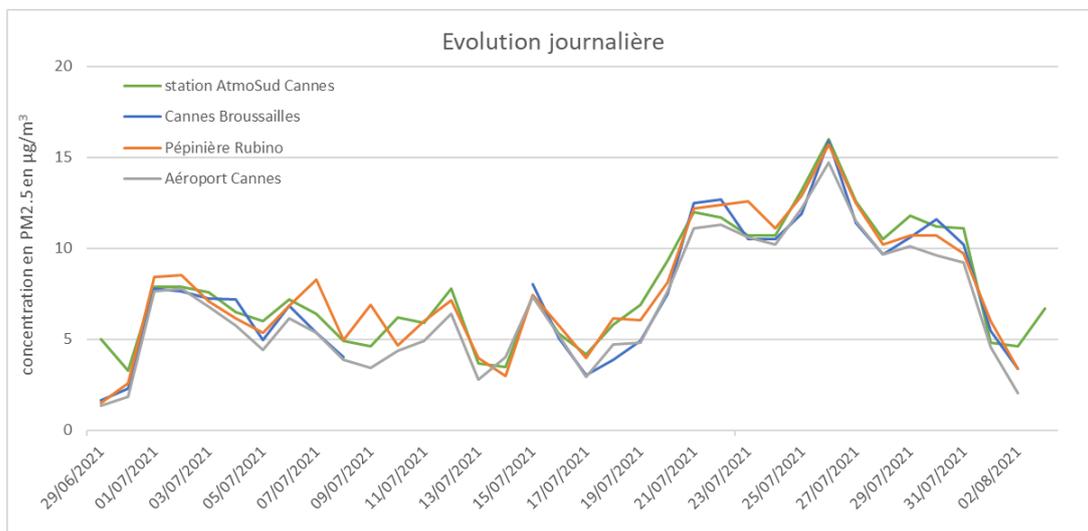


Figure 20 : évolution journalière des PM2.5 pour les sites de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

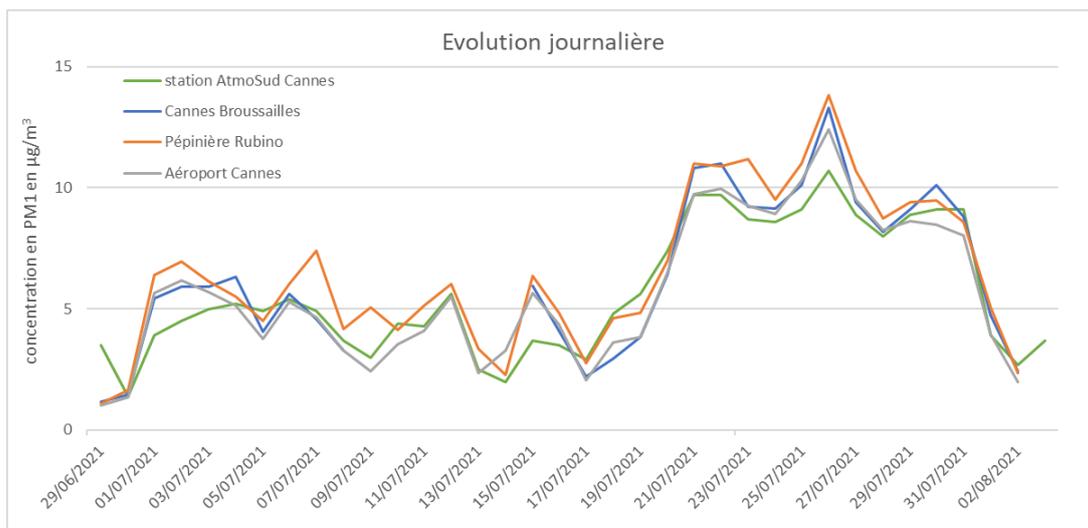


Figure 21 : évolution journalière des PM1 pour les sites de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

5.2.2 Evolutions horaires et quart-horaires des particules

Les évolutions horaires et quart-horaires permettent d'observer des « pics » mesurés par les micro-capteurs qui ne sont pas visibles à l'échelle de la moyenne journalière.

Comme le montrent les graphiques ci-après, la plupart des pics sont enregistrés sur le site de la « pépinière Rubino » (en orange, les 8, 9, 17, 18 et 23 juillet et 3 août, intitulés 1 à 6 sur le premier graphique) et un l'est sur le site du terminal de l'aéroport (en gris, le 15 juillet à minuit, intitulé 7 sur le premier graphique). Ce dernier est survenu le 15 juillet à minuit et a été identifié comme pouvant correspondre à la dispersion des fumées du feu d'artifice du 14 juillet. Les deux autres sites, à Cannes Broussailles, affichent des évolutions horaires très homogènes, sans pics particuliers.

Les valeurs maximales obtenues pour ces « pics » peuvent aller, au pas de temps le plus court, à près de 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10, 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2.5 et 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM1.

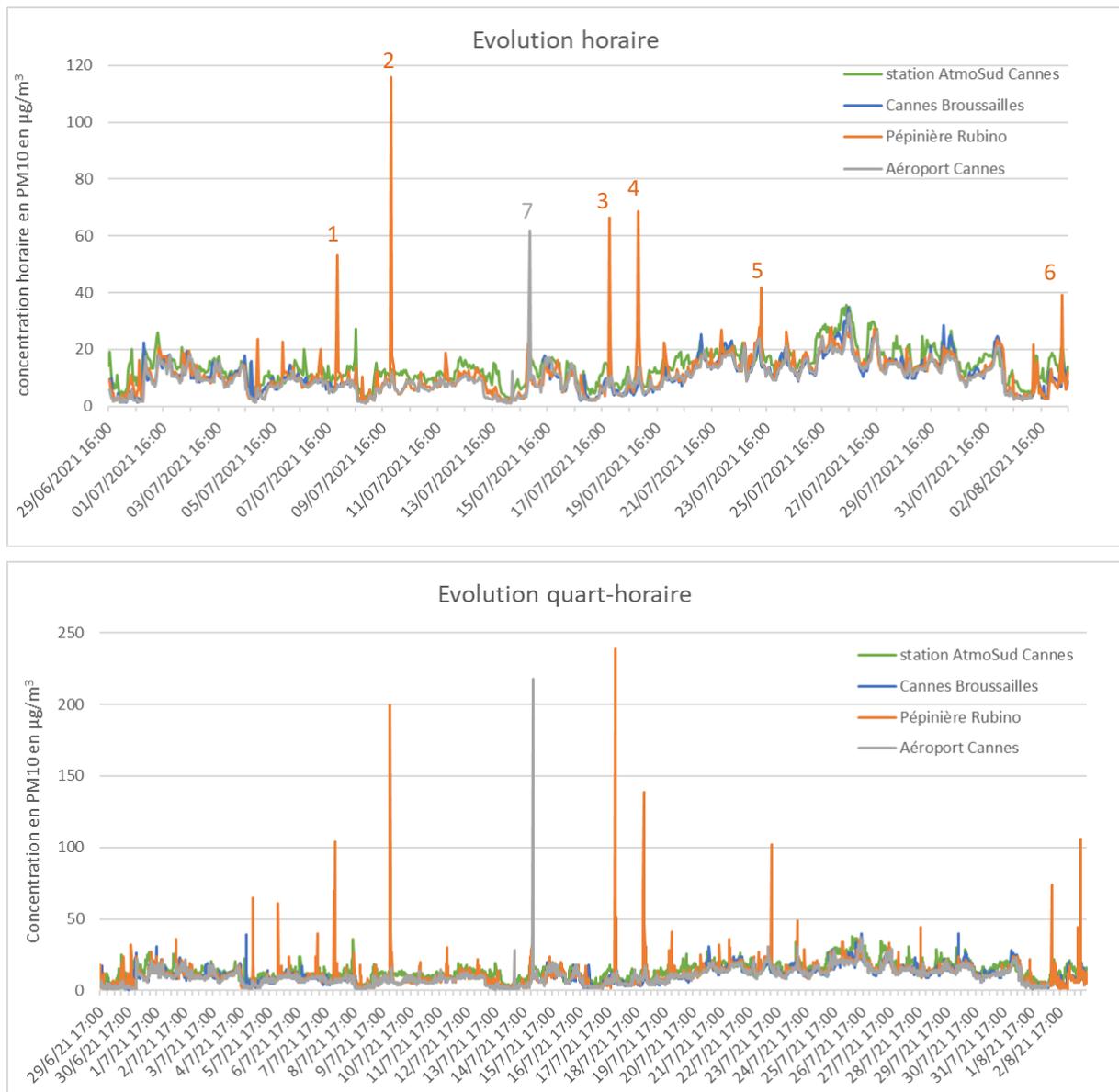


Figure 22 : évolutions horaire et quart-horaire des PM10 pour les sites de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

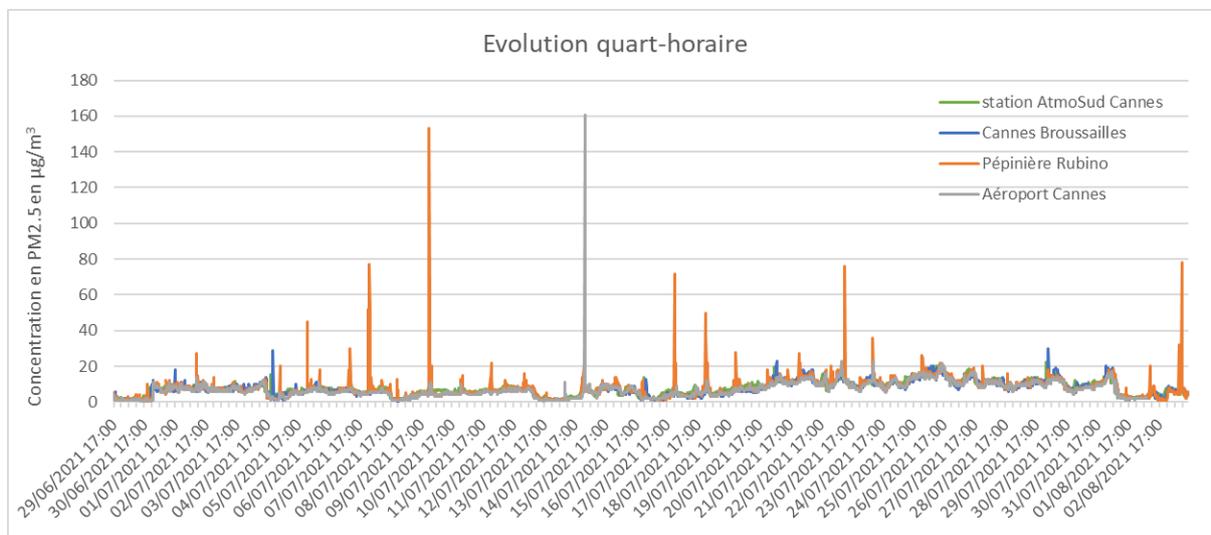
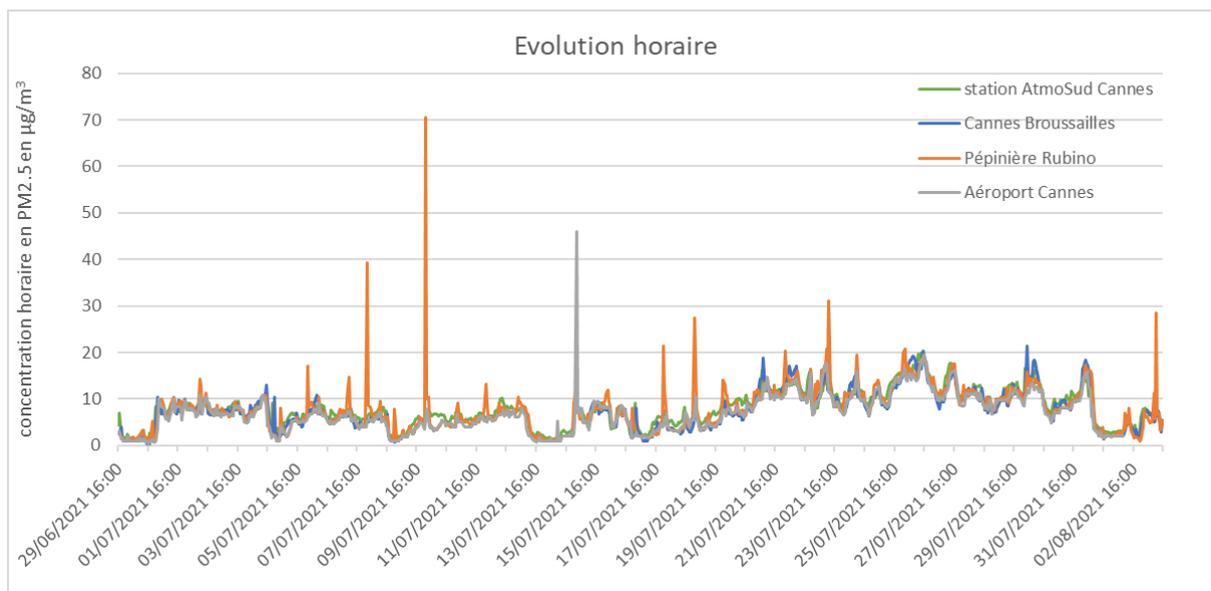
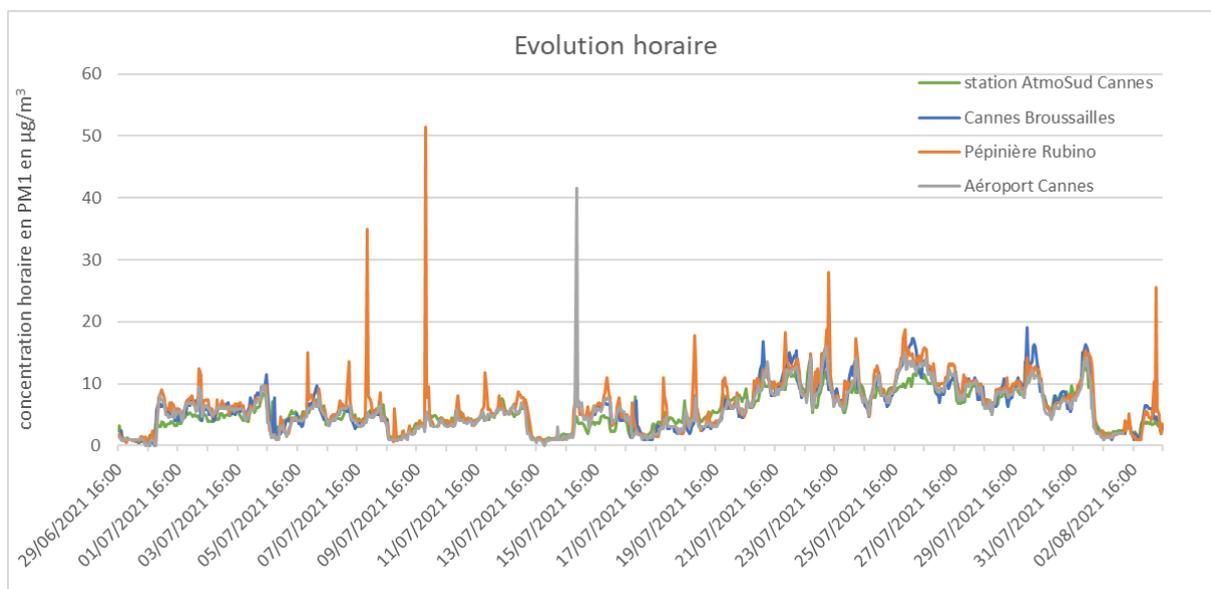


Figure 23 : évolutions horaire et quart-horaire des PM2.5 pour les sites de l'aéroport de Cannes-Mandelieu



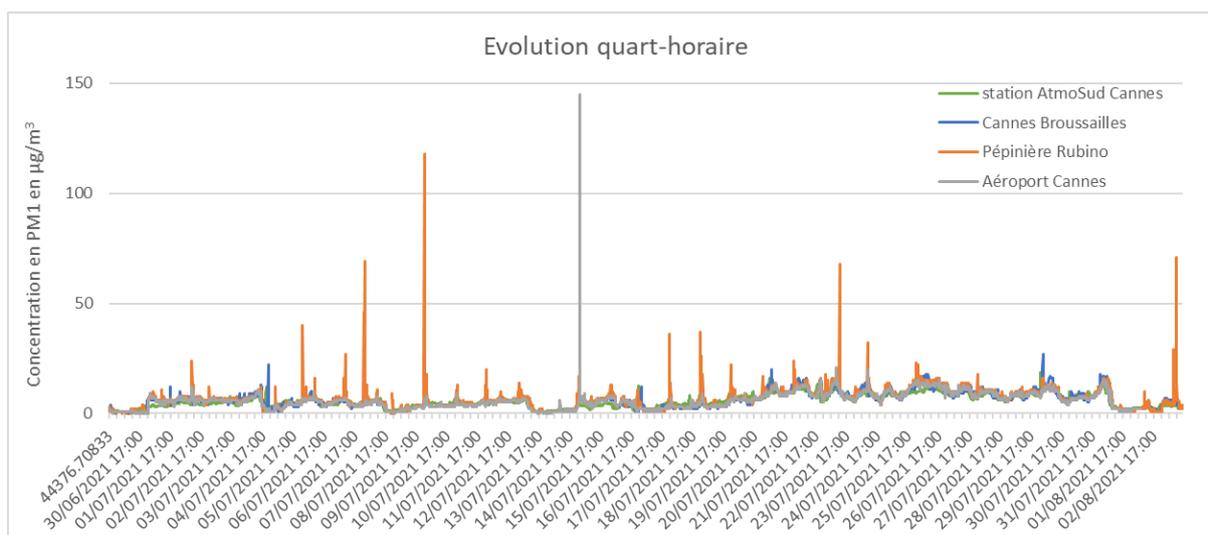


Figure 24 : évolutions horaire et quart-horaire des PM1 pour les sites de l'aéroport de Cannes-Mandelieu

Le graphique ci-dessus confirme la présence des 6 pics exceptionnels du 8, 9, 17, 18 et 23 juillet et du 3 août, sur le site « pépinière Rubino », quelle que soit la taille des particules. Pour les 8 et 9 juillet cela correspond à la hausse journalière en PM2,5 et PM1.

Les évolutions horaires des PM10, PM2,5 et PM1 mettent en évidence quelques pics sur le site de « pépinière Rubino », et un seul au terminal de l'aéroport de Cannes-Mandelieu. Ces hausses de concentrations simultanées pour les différentes gammes de particules semblent ainsi indiquer une origine ponctuelle commune.

La mise en relation avec le nombre de mouvements d'avion pourra donner une indication sur le possible lien avec l'activité aéroportuaire.

Au pas de temps quart-horaire, la présence de pics simultanés en PM10, PM2,5 et PM1 est bien confirmée sur le site de « pépinière Rubino » ainsi qu'au terminal de l'aéroport de Cannes-Mandelieu, le 14 juillet. Ces hausses uniquement conjointes n'indiquent pas de d'augmentation spécifique sur une gamme particulière mais bien sur l'ensemble des tailles, écartant la source « aéroportuaire » potentiellement signée par des particules PM1³.

³ Cf. [Analyse des particules ultrafines à l'aéroport de Nice | AtmoSud](#)

5.2.3 Mise en relation avec le nombre de mouvements d'avion

Les données du nombre de mouvements d'avions ont été fournies par les services de l'aéroport de Cannes-Mandelieu. En moyenne 277 mouvements d'avions sont enregistrés par jour avec un maximum de 372 le 17 juillet. Le créneau horaire entre 10h et 11h est le plus sollicité avec 1131 mouvements du 29 juin 17h jusqu'au 3 août 16h.

5.2.3.1 Comparaison journalière

Le nombre de mouvements d'avions est ajouté aux informations journalières de concentrations des particules, afin d'identifier s'il existe une corrélation entre ces deux paramètres. Cette comparaison est faite uniquement sur le site de la « pépinière Rubino » le plus exposé aux pics de particules, du 29 juin à partir de 17h jusqu'au 3 août 16h.

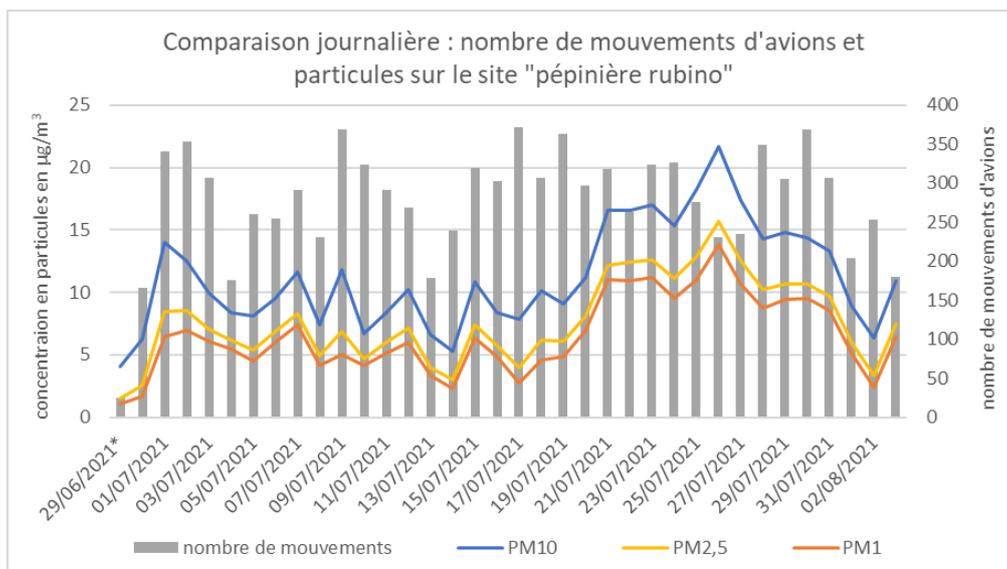


Figure 25 : comparaison journalière du nombre de mouvements d'avions et de la concentration en particules

Le graphe ci-dessus ne montre pas de corrélation entre le nombre de mouvements d'avions, très variable en juillet et la concentration en particules quelle que soit la taille. Ceci est confirmé par l'établissement d'une équation de régression linéaire entre ces deux paramètres, aboutissant à des coefficients de détermination (R^2) très faibles.

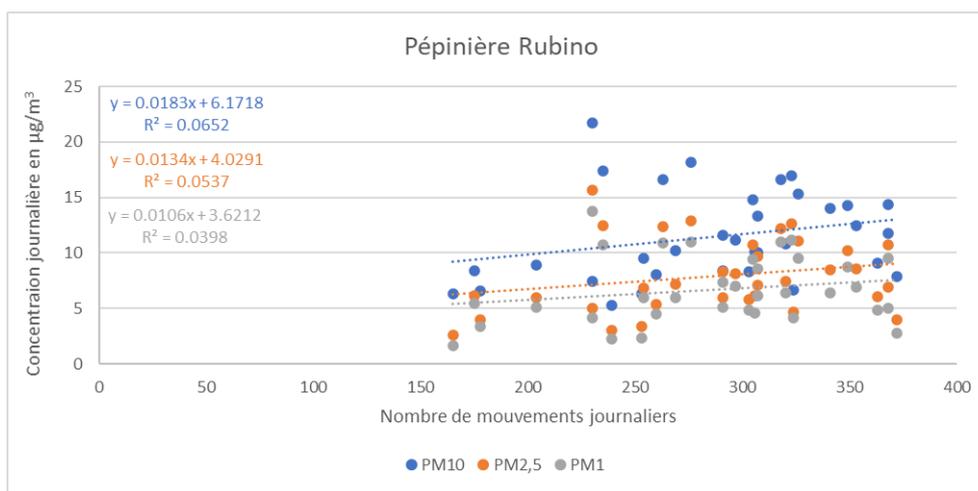


Figure 26 : corrélation journalière entre nombre de mouvements et concentration en particules

Ainsi, au pas de temps journalier, il n'est pas visible de relation spécifique entre le nombre de mouvements d'avions à l'aéroport de Cannes Mandelieu et les concentrations en particules mesurées au niveau de la pépinière Rubino.

5.2.4 Comparaison horaire

Comme précédemment, le nombre de mouvements d'avions est ajouté aux informations horaires des concentrations en particules, afin de voir si un pas de temps plus court permet de faire apparaître une corrélation entre ces paramètres.

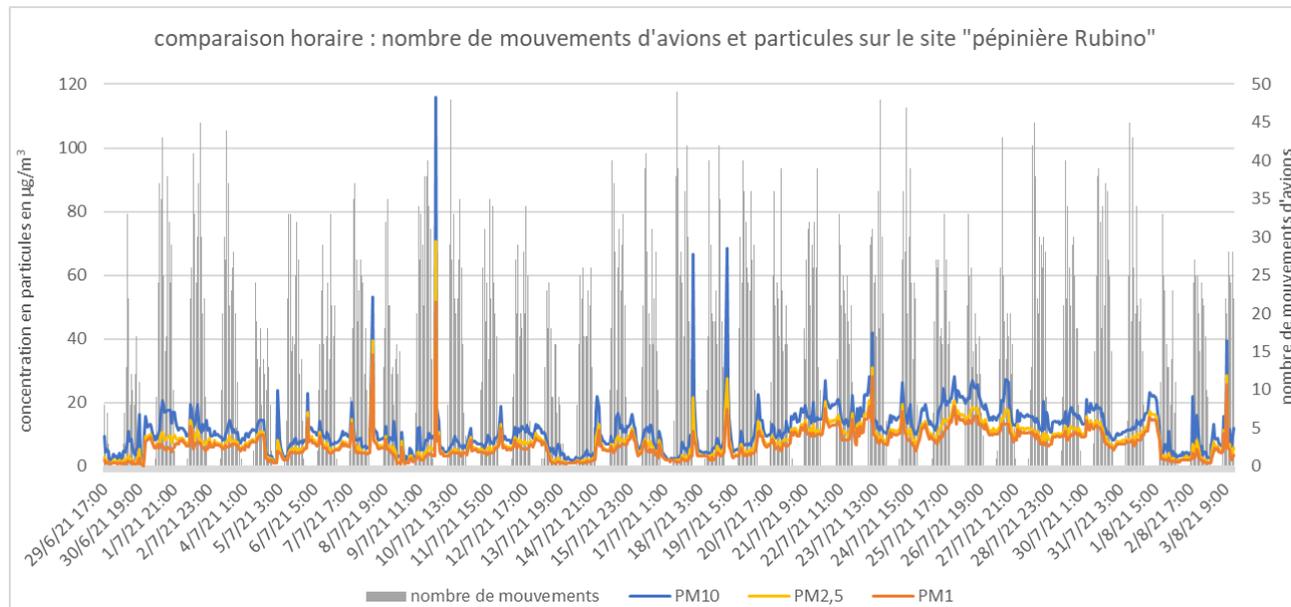


Figure 27 : comparaison horaire du nombre de mouvements d'avions et de la concentration en particules

A nouveau, malgré un pas de temps plus court, la corrélation entre le nombre de mouvements d'avions et la concentration en particules n'est pas visible, ce qui est également confirmé par l'établissement d'une équation de régression linéaire entre ces deux paramètres, aboutissant à des coefficients de détermination (R^2) très faibles.

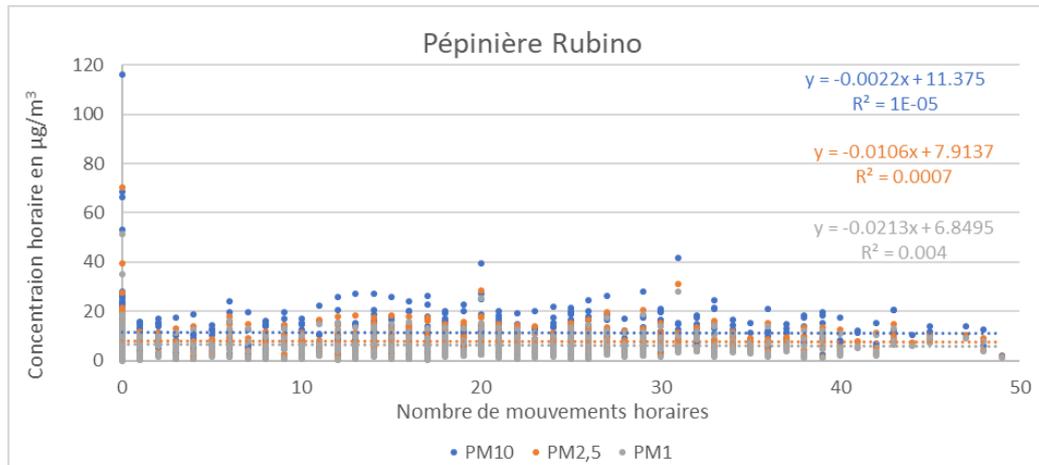


Figure 28 : corrélation horaire entre nombre de mouvements et concentration en particules

Ainsi, même au pas de temps horaire, il n'est pas visible de relation spécifique entre le nombre de mouvements d'avions à l'aéroport de Cannes Mandelieu et les concentrations en particules mesurées au niveau de la pépinière Rubino.

5.2.4.1 Journées particulières

Afin d'approfondir l'analyse des résultats, un zoom est effectué sur les 6 journées particulières de pics au niveau de la pépinière Rubino. Il apparaît que :

- Pour les 4 premiers pics (8, 9, 17 et 18 juillet), ils apparaissent au cours de la nuit, lorsqu'aucun mouvement d'avion n'est recensé par l'aéroport de Cannes Mandelieu

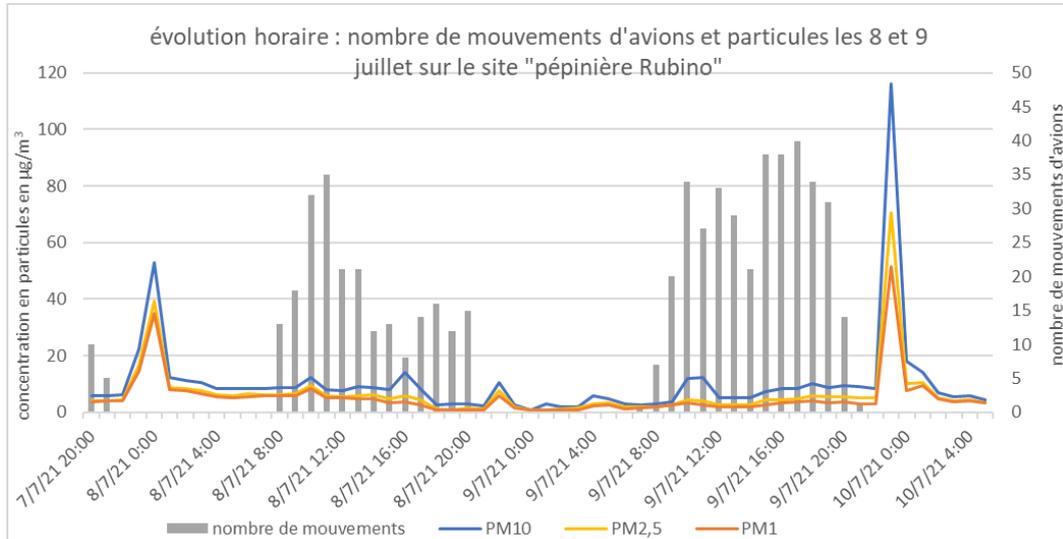


Figure 29 : évolution horaire des mouvements d'avions et de la concentration en particules les 8 et 9 juillet

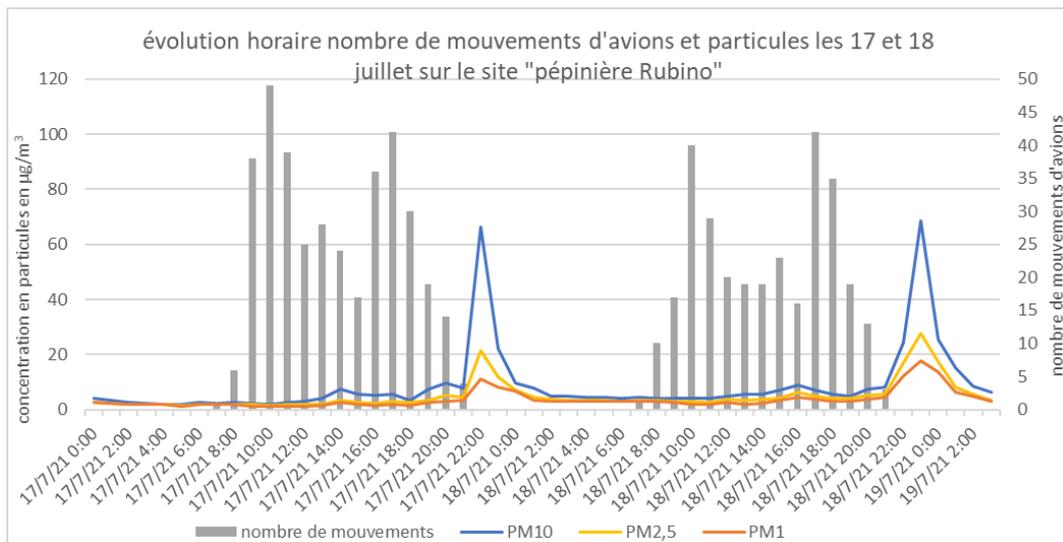


Figure 30 : évolution horaire des mouvements d'avions et de la concentration en particules les 17 et 18 juillet

Il est donc évident qu'une autre source ponctuelle de pollution (autre que la circulation des avions sur l'aéroport) est présente à proximité du micro-capteur de la pépinière Rubino, et à l'origine de ces augmentations ponctuelles.

- Pour les pics observés les 23 juillet et 3 août, ils apparaissent en journée, à l'inverse des 4 précédents. Pendant cette plage horaire, respectivement 31 et 20 mouvements d'avions ont été enregistrés, soit bien moins que le nombre maximal de mouvements d'avions relevé sur une autre plage horaire au cours des mêmes journées.

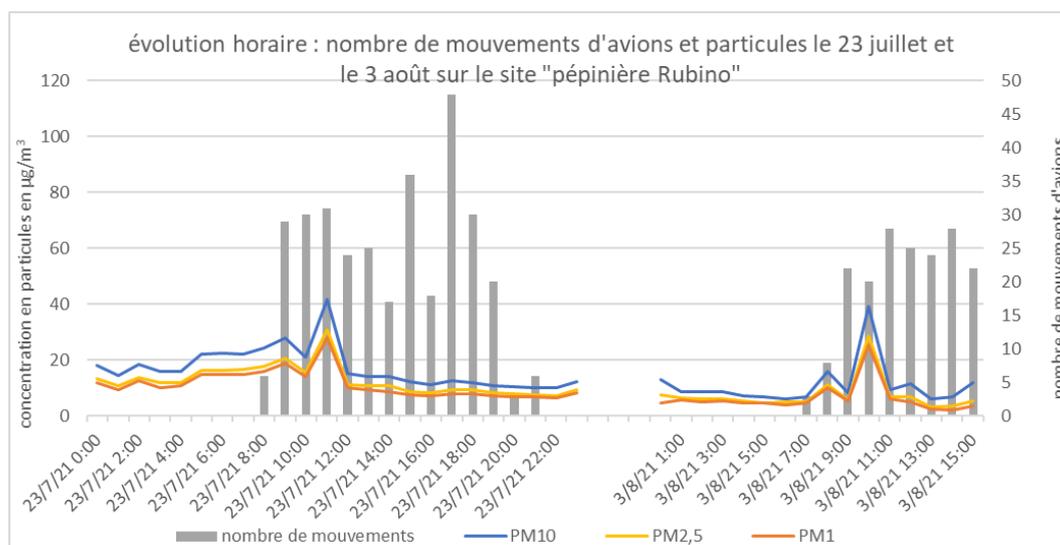


Figure 31 : évolution horaire des mouvements d'avions et de la concentration en particules les 23 juillet et 3 août

Les éléments du Tableau 2 mettent en évidence :

- Pour le 23 juillet, des conditions météorologiques similaires entre les plages horaires de 11h-12h et de 17h-18h écartant toute influence de l'aéroport sur les concentrations relevées. Durant le pic de particules, le nombre de mouvements est inférieur à celui de la fin d'après-midi, période au cours de laquelle le taux de particules est 3 fois plus faible. Ainsi, il ne peut être établi de lien entre le nombre de mouvements d'avions et la concentration en particules.
- En revanche, le 3 août, les paramètres météorologiques changent drastiquement entre la plage de 10h-11h, avec le taux maximal de particules et celle de 11h-12h avec le maximum de mouvements d'avions. Entre 9h et 10h, les vents proviennent du Nord avec une vitesse faible (inférieure à 2 m/s) puis durant l'heure suivante, le vent change de direction pour s'établir en flux de sud. Cette bascule liée au régime de brises alternées, se fait habituellement entre 10h et 11h. A ce moment, le vent faiblit et cette absence de dispersion conduit fréquemment à une hausse de la concentration en particules. La plage horaire avec le nombre maximal de mouvements d'avion n'indique pas d'apport supplémentaire en particules, au vu des faibles niveaux mesurés (4 fois inférieurs à la concentration précédente).

Tableau 2 : caractéristiques des conditions météorologiques et autres observées le 23 juillet et le 3 août 2021

Jour	23 juillet		3 août	
	11h-12h	17h-18h	10h-11h	11h-12h
Concentration en PM10	42	12.5	39	9.3
Concentration en PM2.5	31	9.3	28.5	6.8
Concentration en PM1	28	8	25.5	6
Nombre de mouvement	31	48	20	28
Direction du vent	160° - SSE	150° - SSE	0° - N	170° - S
Vitesse du vent	2.4 m/s	3.6 m/s	0 m/s	3.5 m/s

Le zoom sur les pics en PM10, PM2,5 et PM1 montre pour 4 des 6 journées l'absence de mouvements d'avions durant cette plage horaire excluant un lien quelconque avec l'activité aéroportuaire. Pour le 5^{ème} pic, la comparaison des différentes plages horaires n'indique pas de lien entre le nombre de mouvements d'avions et la concentration en particules, ces deux paramètres pouvant présenter une tendance inverse. Enfin pour le dernier pic, l'augmentation des particules s'explique par le changement de régime de vent et l'absence momentanée de dispersion favorable à l'accumulation ponctuelle de particules.

5.2.5 Comparaison aux valeurs réglementaires

Seules les PM10 et les PM2,5 disposent de valeurs réglementaires pour comparaison. Il s'agit de moyenne annuelle à laquelle s'ajoute pour les PM10 une valeur journalière. Le matériel de mesure utilisé, n'étant pas celui référencé, il ne permet pas d'établir une comparaison réglementaire stricte mais donne une première estimation des niveaux comparativement aux autres sites du réseau.

Tableau 3 : comparaison à la réglementation

Station		Pépinière Rubino	Terminal aéroport Cannes-Mandelieu	Station Cannes Broussailles	Station Nice Arson	Station Aéroport de Nice
Concentration du 29/06 au 03/08	PM10	11.3	10	13.9	16.8	19.8
	PM2.5	7.8	7	7.8	8.8	6.1
	PM1	6.6	5.8	5.7	6.4	-
Concentration annuelle 2020*	PM10			13.2	18	17.5
	PM2.5			8.7	10.1	6.3
	PM1			7	7.8	-
Nombre de jours de dépassement du 50 µg/m ³	PM10	0	0	0	0	0
Valeur annuelle réglementaire Europe / OMS	PM10	40 µg/m ³ / 15 µg/m ³				
	PM2.5	20 µg/m ³ / 5 µg/m ³				

*Année exceptionnelle

Suivant les éléments du tableau, les sites échantillonnés tendent à respecter les valeurs réglementaires annuelles européennes en PM10 et PM2,5. Pour les lignes directrices de l'OMS, révisées en septembre 2021, seulement celle des PM10 (15 µg/m³) serait respectée, alors que celle des PM2,5 (5 µg/m³) serait dépassée, comme pour l'ensemble de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

5.3 Zoom sur les résultats obtenus à La Môle

5.3.1 Evolution journalière des particules

Les évolutions journalières en particules sont très semblables entre le micro-capteur de l'aéroport (jaune) et celui de l'école (bleu), aussi bien pour la dynamique que pour les niveaux observés. Comme observé sur Cannes, les niveaux de particules présentent peu de variations sur les 3 premières semaines (quel que soit le point de mesure et la taille de particule), pour augmenter pour tous les paramètres à partir du 19 juillet.

Au pas de temps journalier, n'est donc visible que la pollution de fond de la zone, sans influence notable de l'aéroport.

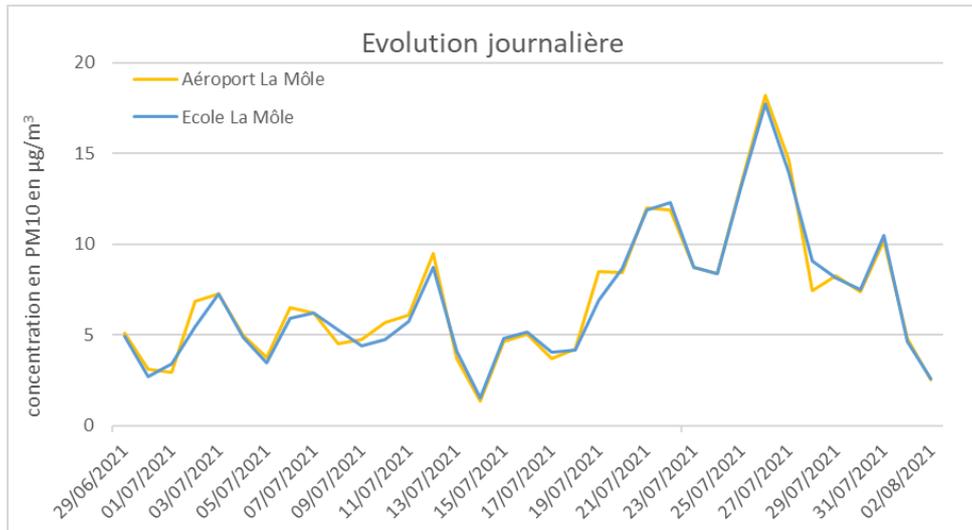


Figure 32 : évolution journalière des PM10 pour les sites de la Môle

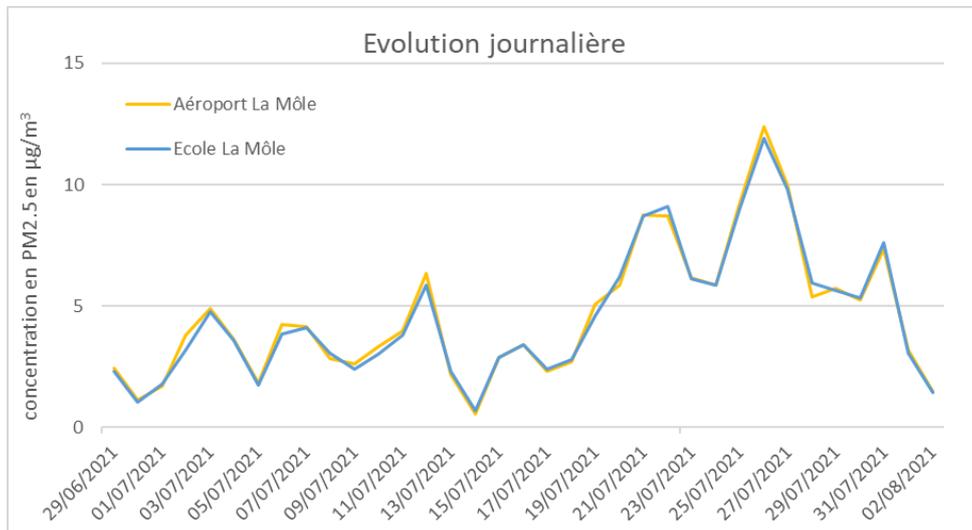


Figure 33 : évolution journalière des PM2.5 pour les sites de la Môle

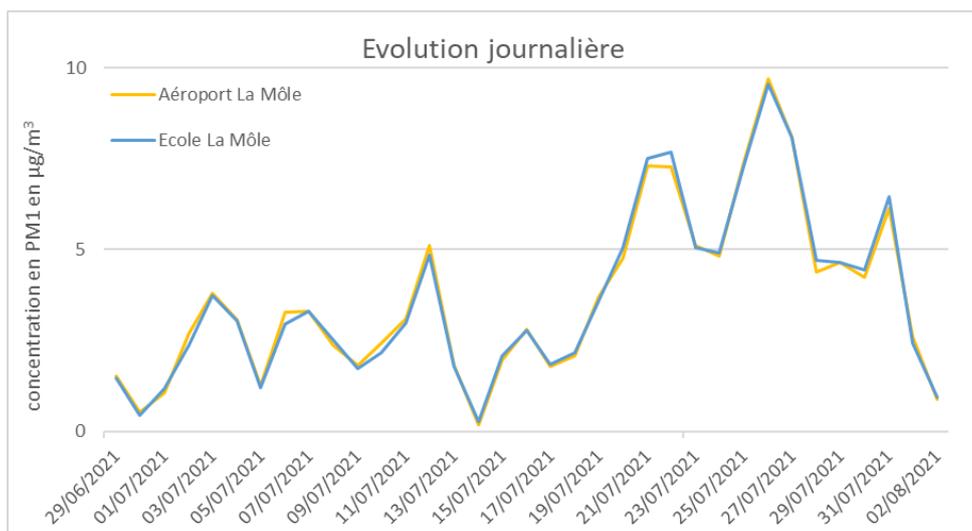


Figure 34 : évolution journalière des PM1 pour les sites de la Môle

5.3.2 Evolutions horaires et quart-horaires des particules

Comme réalisé pour Cannes, ces évolutions horaires et quart-horaires permettent d'observer des « pics » mesurés par les micro-capteurs qui ne sont pas visibles à l'échelle de la moyenne journalière.

Avec le passage au pas de temps horaire, quelques pics ressortent, notamment à l'aéroport les 2, 5, 10 et 19 juillet, et réapparaissent en valeur quart-horaire. Seul un pic horaire est observé à l'école, le 8 juillet, mais plusieurs hausses (supérieures à 20 µg/m³) sont confirmées en valeur quart-horaire, notamment celles du 24 et 28 juillet ou de moindre mesure le 18 juillet. Notons cependant que les valeurs restent faibles et très en deçà de celles mesurées en milieu urbain.

Les pics relevés à l'aéroport sont mis en relation avec les PM2,5 et PM1 au niveau de l'école. Afin de voir un éventuel lien avec l'activité aéroportuaire, une corrélation sera faite avec le nombre de mouvements horaires d'avions (cf 5.3.3 Mise en relation avec le nombre de mouvements d'avion).

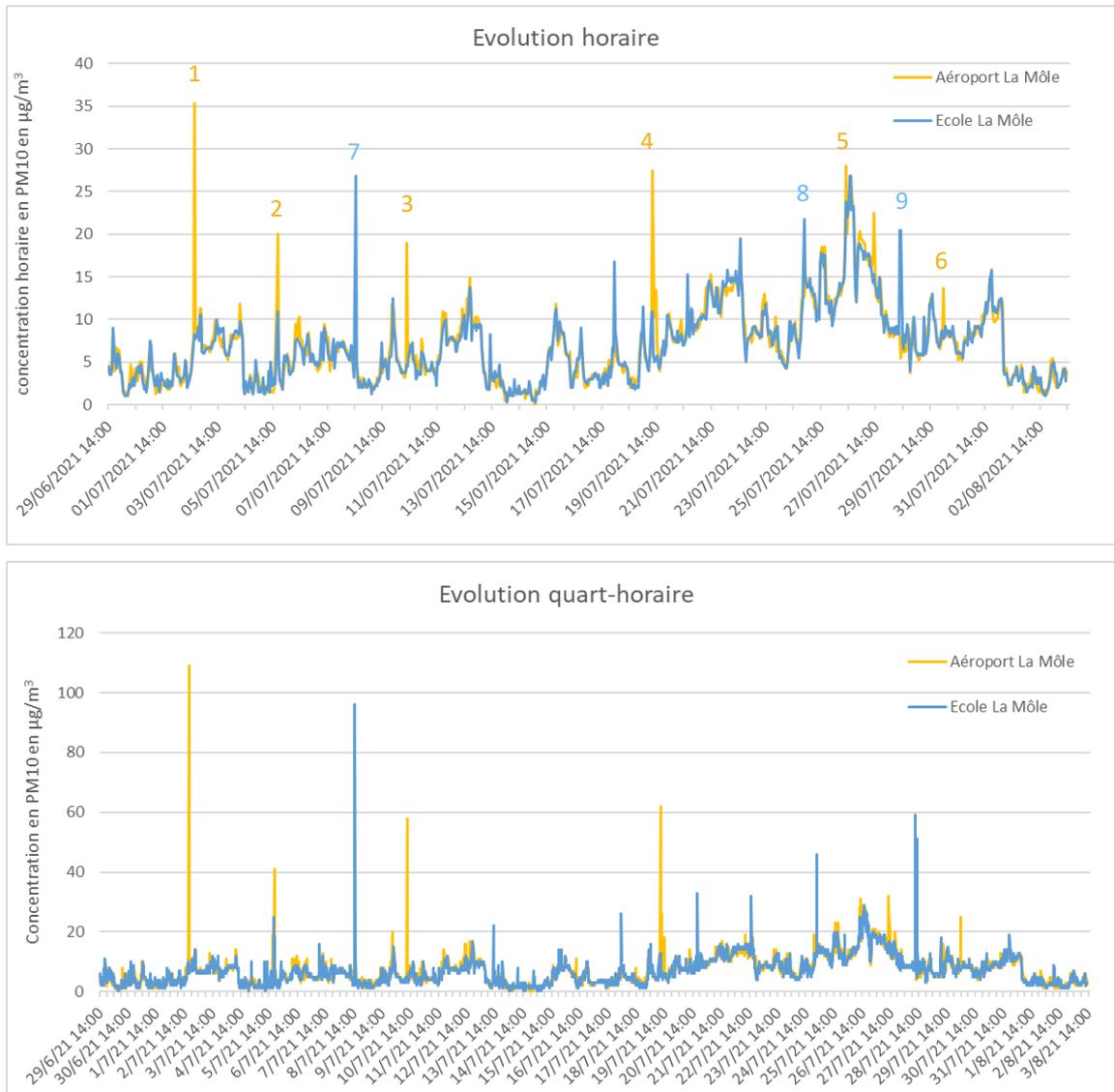


Figure 35 : évolutions horaires et quart-horaires des PM10 pour les sites de la Môle

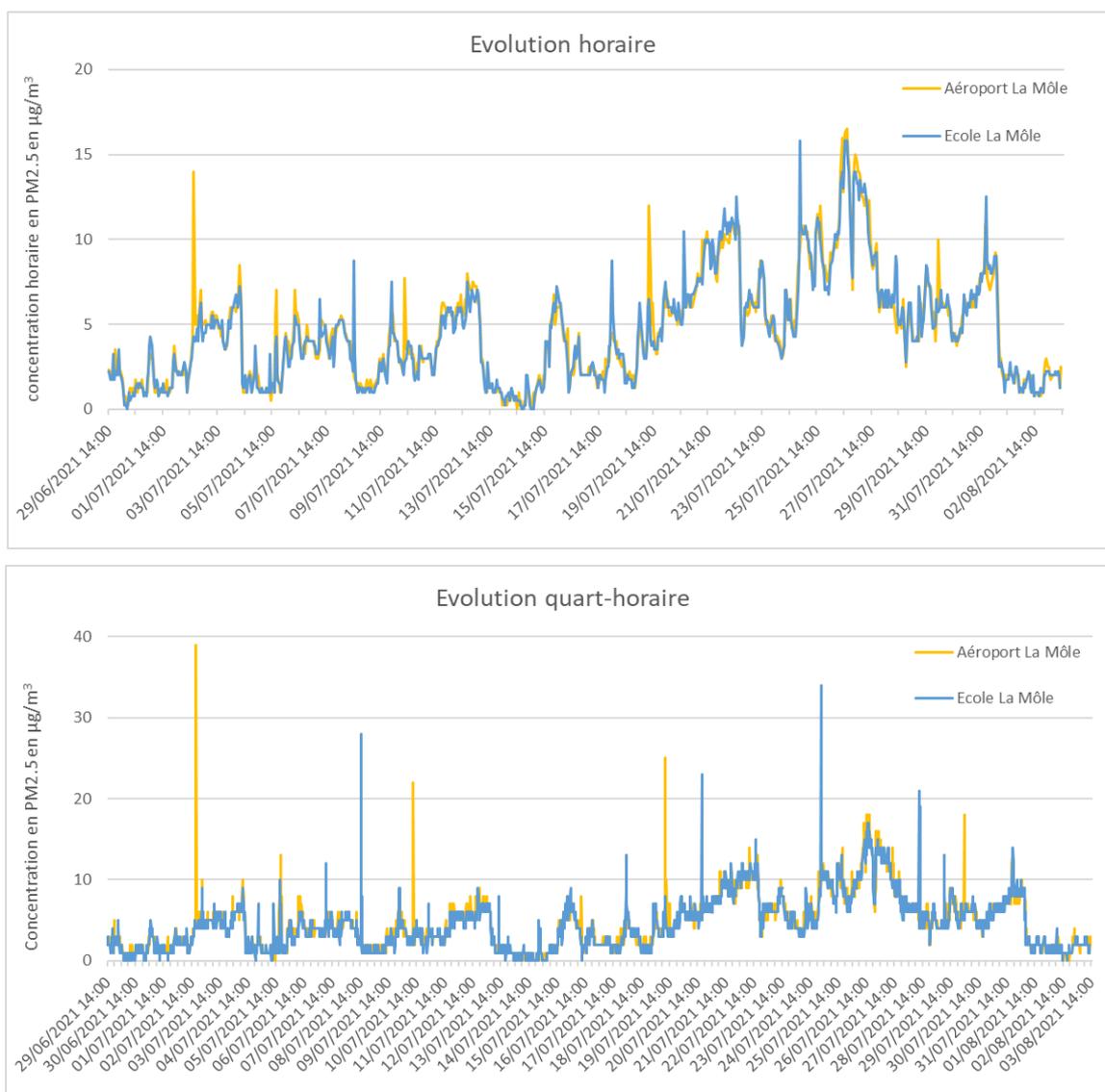


Figure 36 : évolutions horaires et quart-horaires des PM2.5 pour les sites de la Môle

La hausse horaire en PM10, observée le 8 juillet à l'école, ne se distingue plus beaucoup en PM2,5, indiquant une source davantage de « grosses » particules. Le revêtement de la place à proximité peut être l'origine de cette hausse. En revanche, une valeur horaire, confirmée en quart-horaire, ressort le 24 juillet à 23h, hors des plages d'ouverture de l'aéroport. Le calcul du rapport entre les concentrations PM10 et les PM2,5 sur cette donnée reste dans la gamme du rapport moyen de la campagne, signifiant que cette valeur n'est pas atypique bien qu'elle apparaisse visuellement. Même conclusion pour la valeur du 18 juillet, apparaissant à 1h15 hors plage d'ouverture de l'aéroport.

A l'aéroport, seules les pointes horaires du 2, du 10 et du 19 réapparaissent. Ces hausses se maintiennent en valeur quart-horaire avec l'apparition d'une supplémentaire le 30 juillet. Néanmoins cette dernière est mesurée hors des plages d'ouverture de l'aéroport et ne peut être liée à son activité.

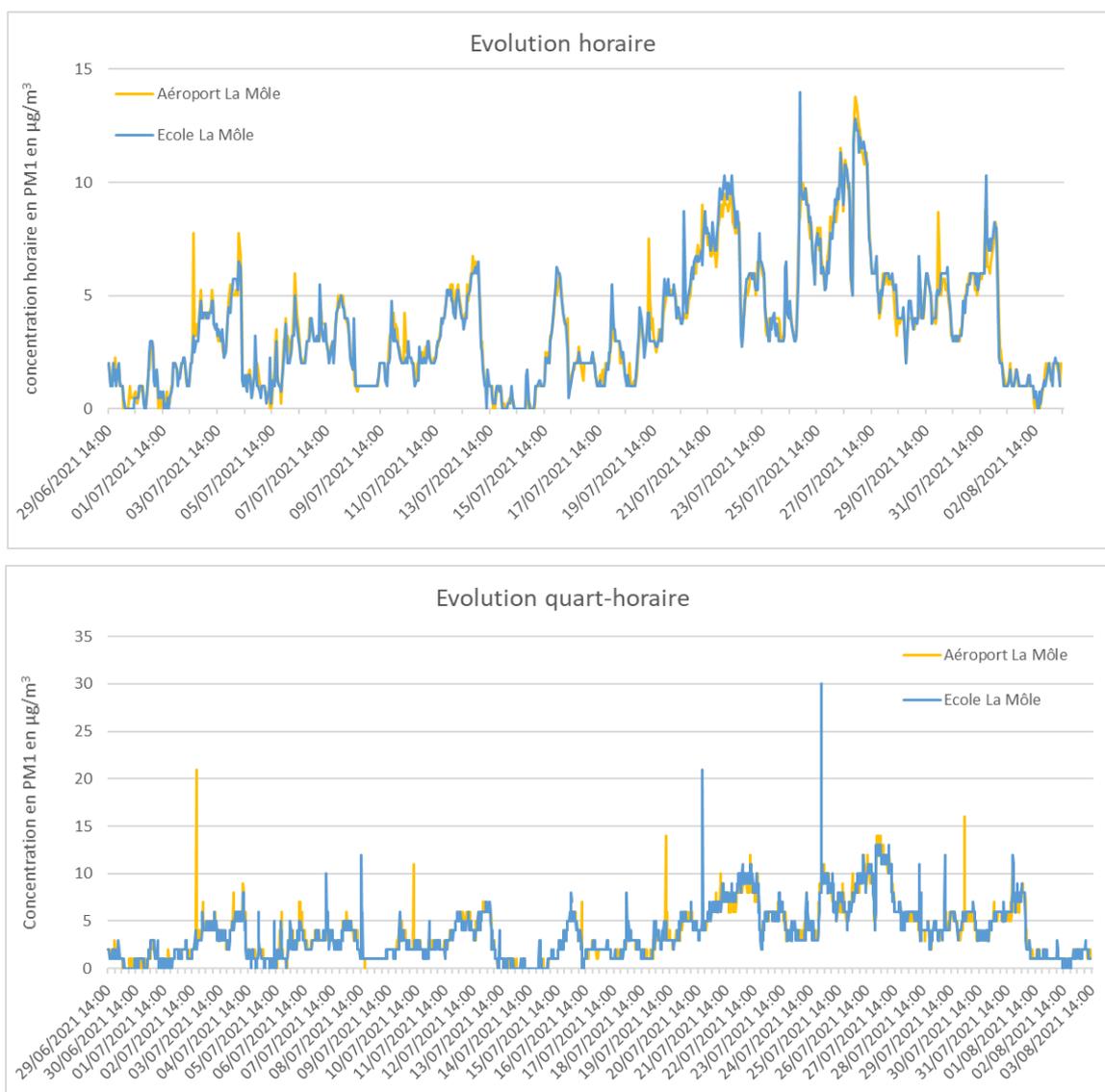


Figure 37 : évolutions horaires et quart-horaires des PM1 pour les sites de la Môle

En PM1, la pointe du 8 juillet à l'école n'est plus visible. Celle du 24 juillet persiste mais n'étant pas dans la période d'activité de l'aéroport, elle est attribuée à un évènement très localisé.

À l'aéroport, ressortent encore le 2 et le 19 juillet. Une nouvelle valeur émerge le 30 juillet. Cette évolution se retrouve en valeur quart-horaire. Comme précédemment le rapport des concentrations entre PM2,5 et PM1 est un peu plus faible que le rapport moyen de la campagne mais comparable.

La corrélation avec les données de mouvements d'avions permettra peut-être d'avancer une explication quant à leur existence (sauf pour le 30, hors plage d'ouverture de l'aéroport).

Les comportements des PM10, PM2,5 et PM1 sur les deux sites de la Môle, sont très semblables à l'exception de quelques hausses de faible ampleur, les concentrations horaires maximales restant inférieures à 40 µg/m³. Ces dernières sont plus nombreuses sur le site de l'aéroport qu'à l'école et sont en majorité communes aux 3 tailles de particules. La décorrélation entre les 3 tailles aurait pu permettre d'identifier une source davantage liée à l'activité aéroportuaire⁴, avec potentiellement une majorité de PM1.

⁴ Cf. [Analyse des particules ultrafines à l'aéroport de Nice | AtmoSud](#)

5.3.3 Mise en relation avec le nombre de mouvements d'avion

Les données du nombre de mouvements d'avions sont fournies par l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez. Elles sont regroupées en 5 plages horaires : de 7h à 10h, de 10h à 13h, de 13h à 16h, de 16h à 18h et de 18h à 23h.

L'aéroport est fermé la nuit, le terrain est ouvert de 7h30 au coucher du soleil, soit environ entre 21h30 et 22h pour la présente étude. 58 mouvements d'avions sont enregistrés en moyenne par jour avec un maximum de 127 le 19 juillet.

Le créneau entre 10h et 13h est le plus sollicité avec 642 mouvements, du 29 juin 14h jusqu'au 3 août 12h.

Le nombre de mouvements d'avions est ajouté aux teneurs des particules, pour établir une éventuelle corrélation entre ces deux paramètres.

5.3.3.1 Comparaison journalière

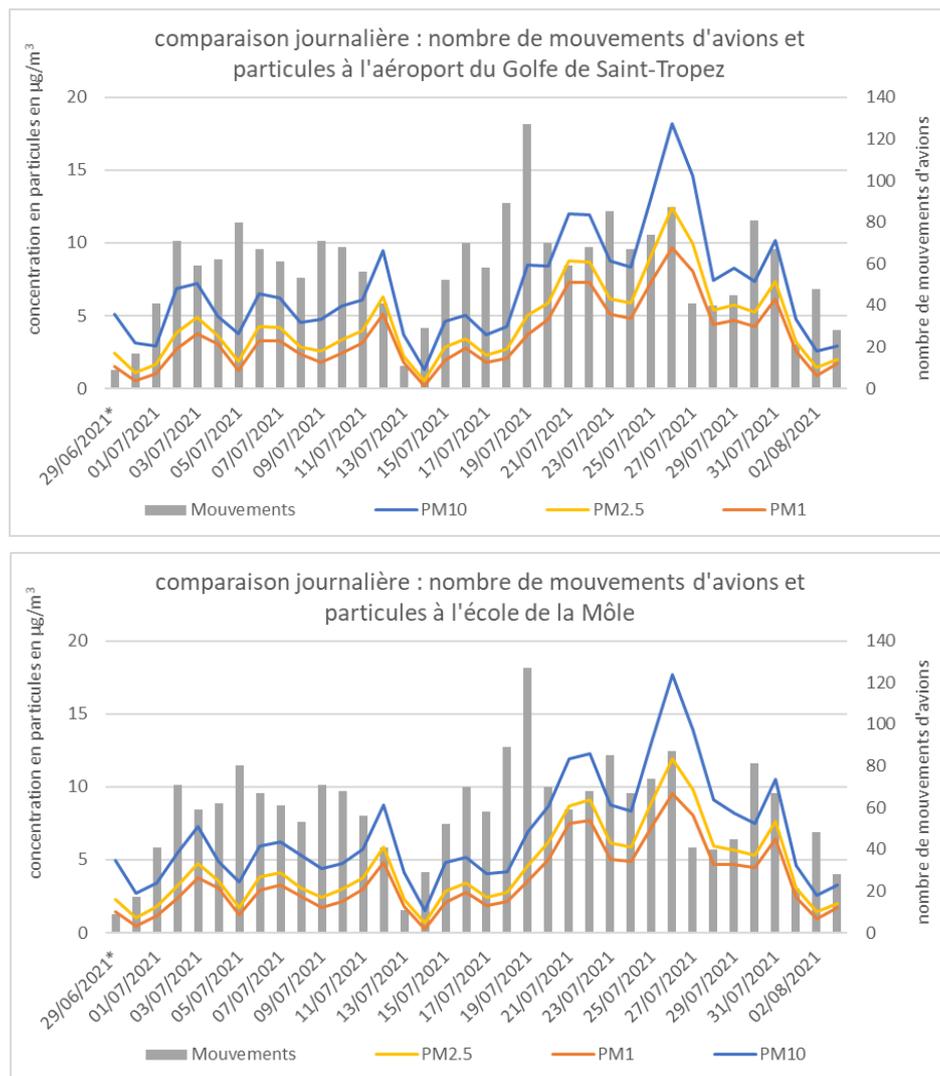


Figure 38 : comparaison journalière du nombre de mouvements d'avions et de la concentration en particules

Les graphes ci-dessus ne montrent pas de corrélation entre le nombre de mouvements d'avions, très variable en juillet et la concentration en particules quelle que soit la taille.

Ceci est confirmé par l'établissement d'une équation de régression linéaire entre ces deux paramètres, aboutissant à des coefficients de détermination (R^2) très faibles pour les 3 gammes de taille.

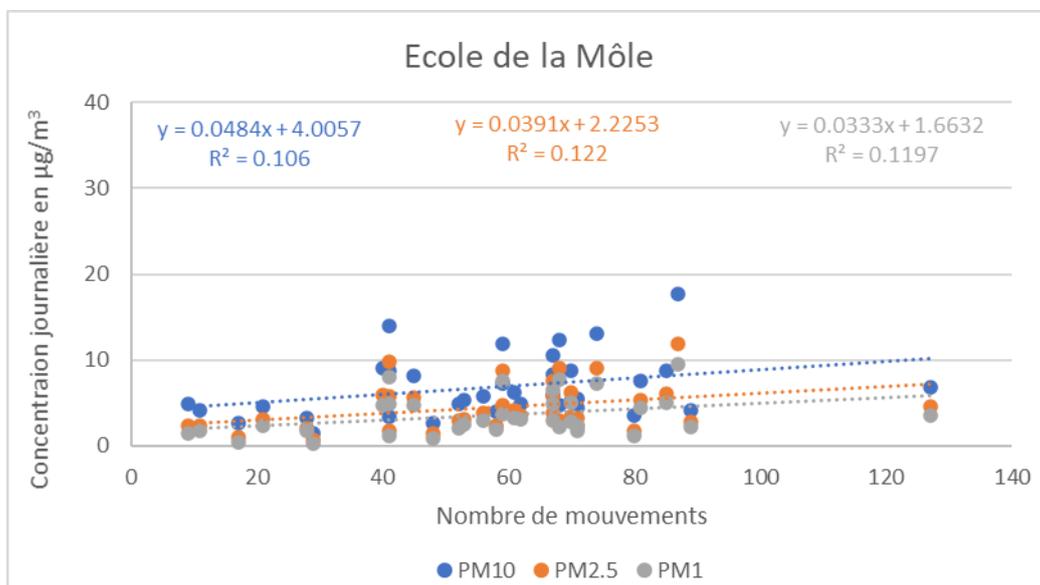
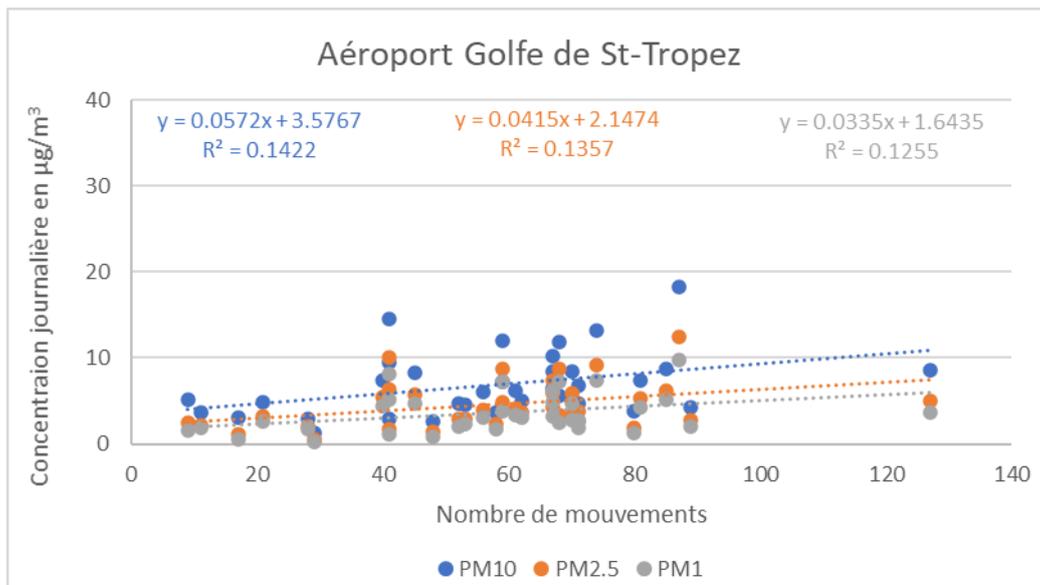


Figure 39 : corrélation journalière entre nombre de mouvements et concentration en particules

Les concentrations journalières en PM10, PM2,5 et PM1 ne sont pas corrélées avec le nombre de mouvements.

5.3.4 Comparaison par plage horaire

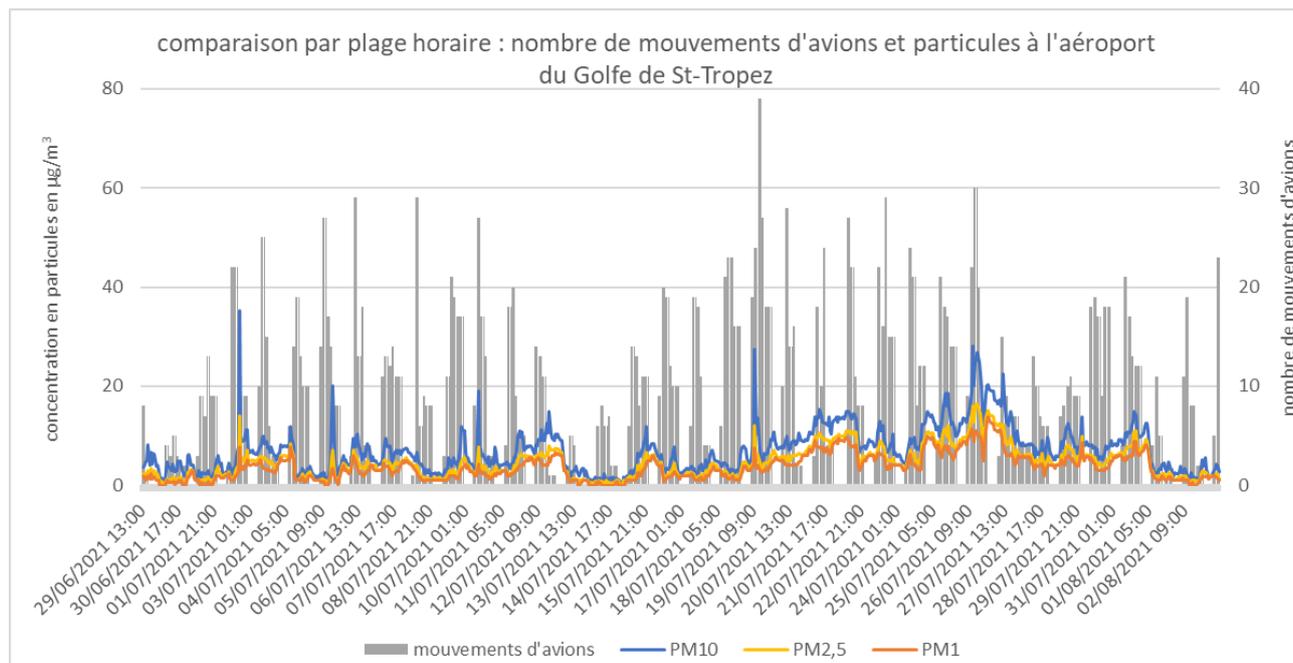


Figure 40 : comparaison par plage horaire du nombre de mouvements d'avions et de la concentration en particules

La corrélation par plage horaire est réalisée entre le nombre de mouvements d'avions et la concentration moyenne en particules sur cette période. En regroupant plusieurs créneaux horaires cela lisse les éventuels pics et ne permet pas d'établir une corrélation probante. Aussi, un zoom par créneau horaire est réalisé sur les quelques pics observés précédemment.

La corrélation du nombre de mouvements et de la concentration en PM10, PM2,5 et PM1 ne peut être établie sur plusieurs créneaux horaires cumulés, car les pics sont lissés.

5.3.5 Journées particulières

Afin d'approfondir, un zoom est effectué sur les 8 journées particulières de pics identifiés sur la Figure 35, soit 6 à l'aéroport et 2 à l'école. Le nombre total de mouvements est attribué à l'ensemble du créneau horaire.

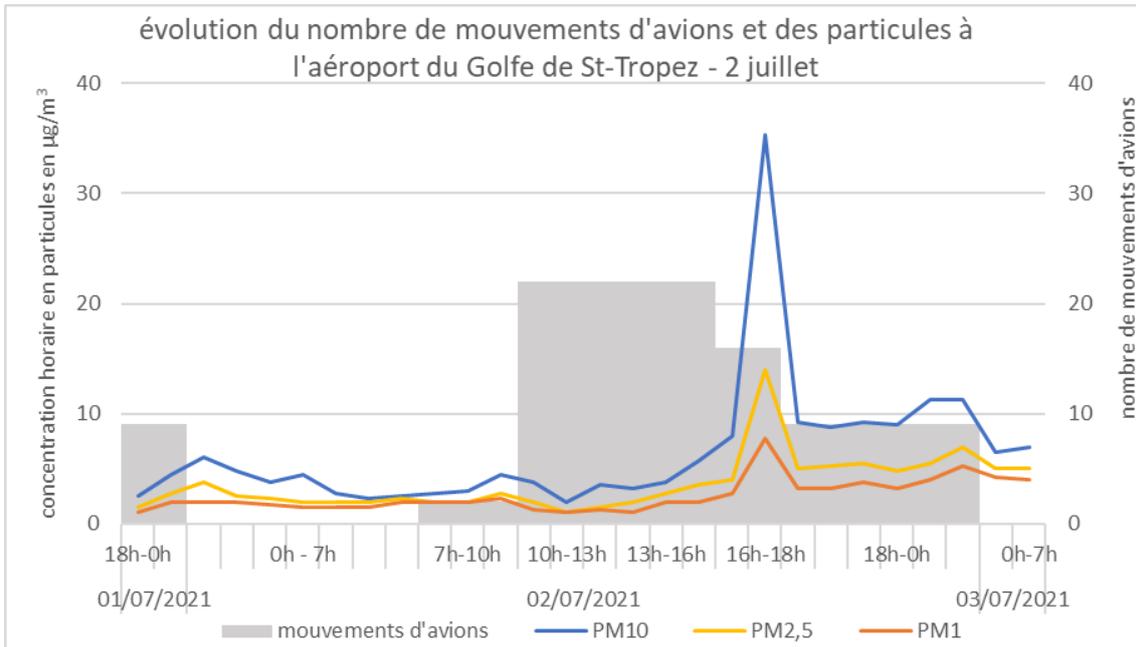


Figure 41 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 2 juillet - aéroport

Le 2 juillet, la concentration maximale en particules PM10, PM2,5 et PM1 est mesurée dans le créneau de 16h-18h, précisément à 109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 à 17h45 avec, comme pour les heures précédente et suivante, un vent de secteur Est-Nord-Est, indiquant la route ou les activités en amont type carrière, comme provenance. Le nombre de mouvements n'est pas maximal à ce moment.

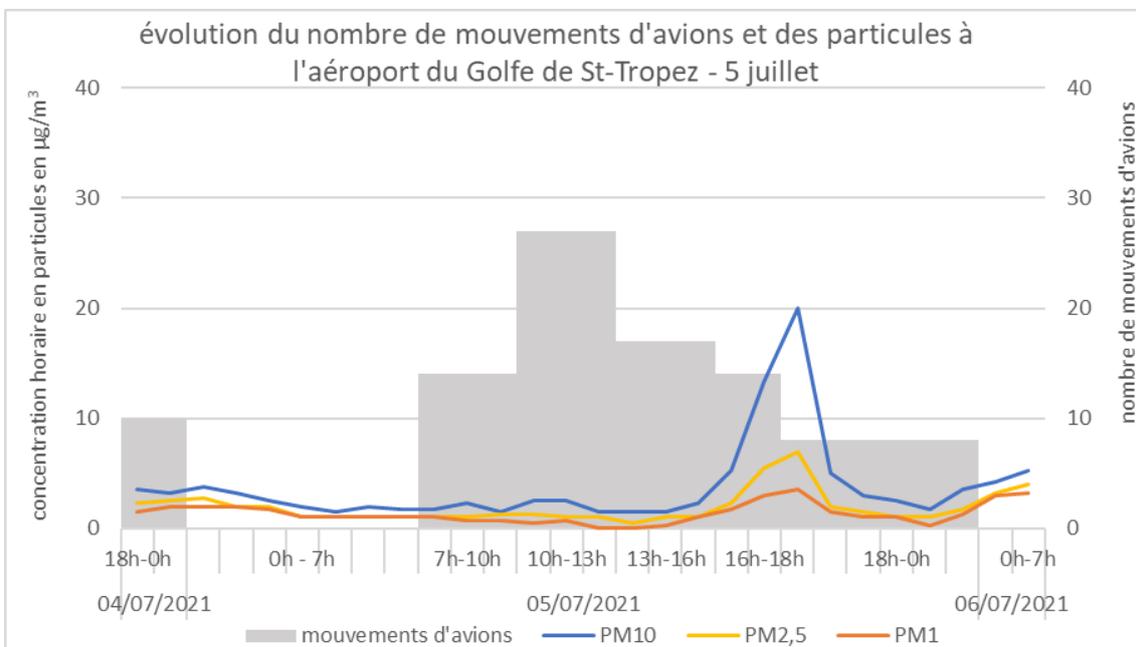


Figure 42 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 5 juillet - aéroport

Le 5 juillet, une hausse du niveau de particules est observée sur le créneau de 18h-23h, autour de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentration horaire en PM10, autour de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 18h15. Le vent est installé dans un régime d'Ouest, virant au Nord vers 19h. La direction du vent cible le parking. Le nombre de mouvements maximal est lui relevé en matinée.

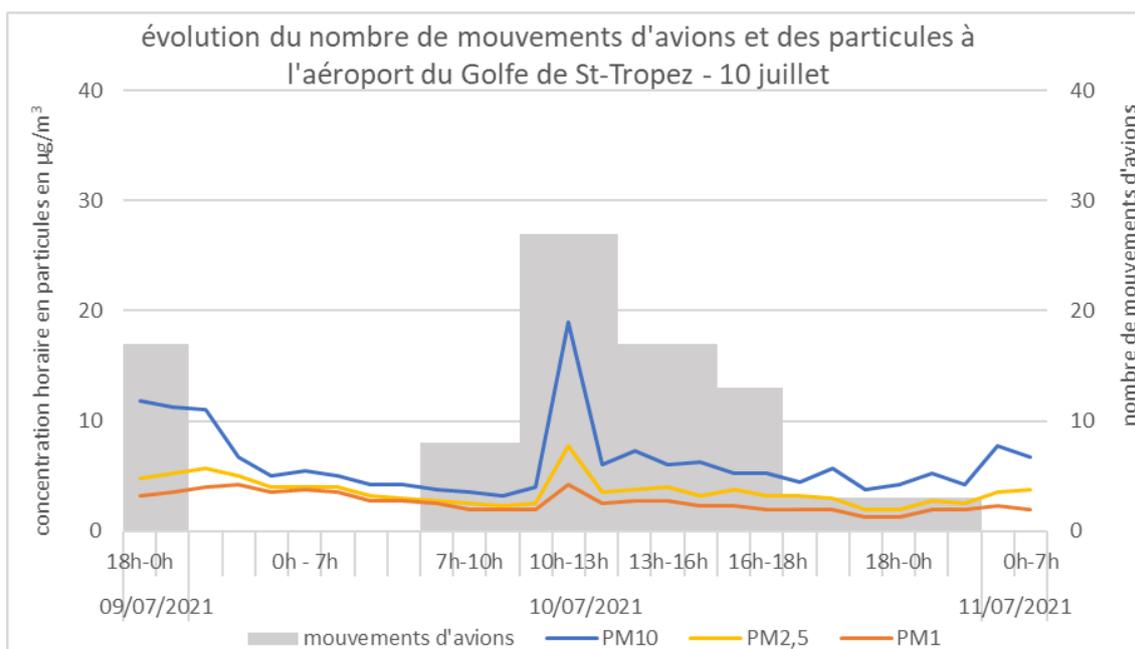


Figure 43 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 10 juillet - aéroport

Le 10 juillet, l'augmentation de la concentration en particules ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 11h et $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 11h15 en PM10) correspond à la plage horaire, 10h-13h où le nombre maximal de mouvements est enregistré. Le vent provient de secteur Sud, de la piste.

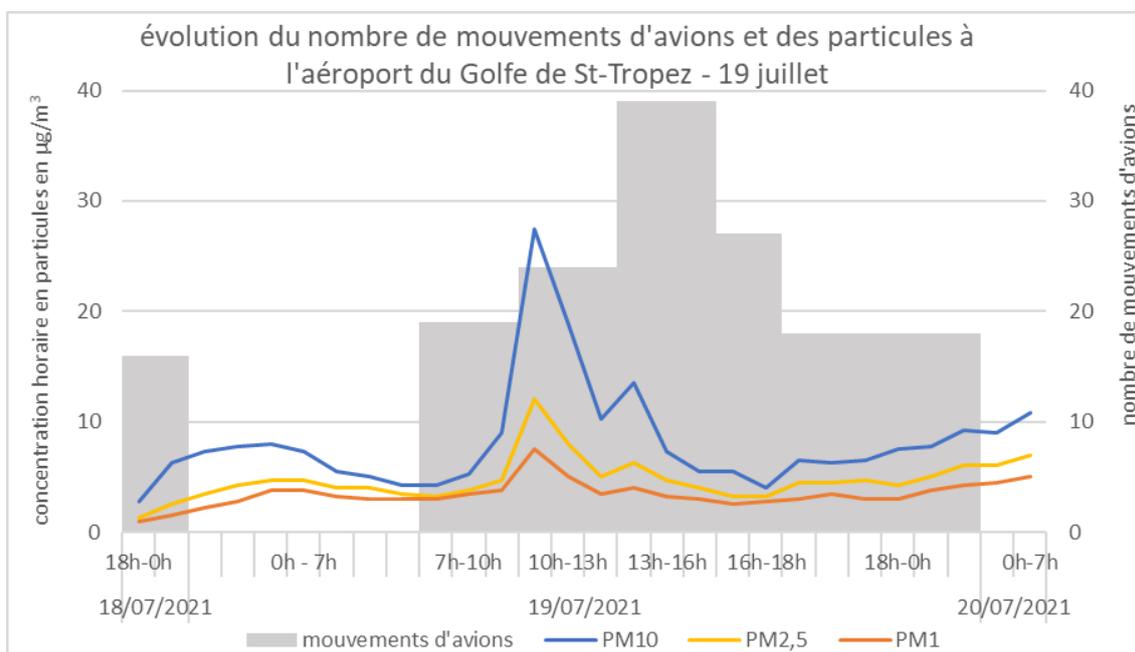


Figure 44 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 19 juillet - aéroport

Le 19 juillet, le taux de particules augmente précisément à 10h30, au moment où le vent bascule du Nord-Est au Sud-Est ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 à 10h) avec une baisse de la vitesse du vent qui est propice à l'accumulation de particules. Cette plage horaire de 10h-13h, n'est pas celle avec le nombre maximal de mouvements mais le vent d'Est indique la piste, la route ou les autres activités (cf. Figure 8) comme origine.

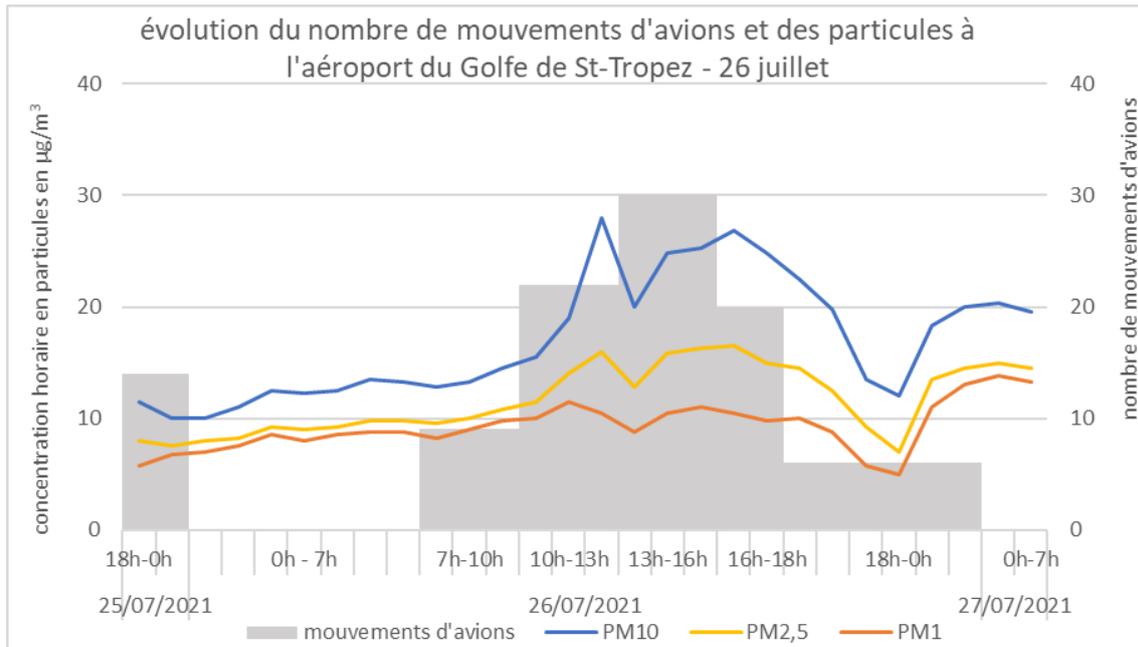


Figure 45 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 26 juillet - aéroport

Le 26 juillet est le jour de la concentration maximale en particules et ce pour une grande partie de la région. D'ailleurs, le taux de particules dans l'air ambiant la nuit (0h-7h) est, depuis le 19 juillet, plus élevé que la première quinzaine. Un « pic » est mesuré à 12h30, alors que le vent passe du secteur Est au Sud-Ouest, baissant également d'intensité et favorisant l'accumulation de particules. Une autre hausse apparait vers 16h, alors que le nombre de mouvements est moindre que le créneau horaire précédent. Il ne semble pas y avoir de lien avec l'activité de l'aéroport ce jour-là.

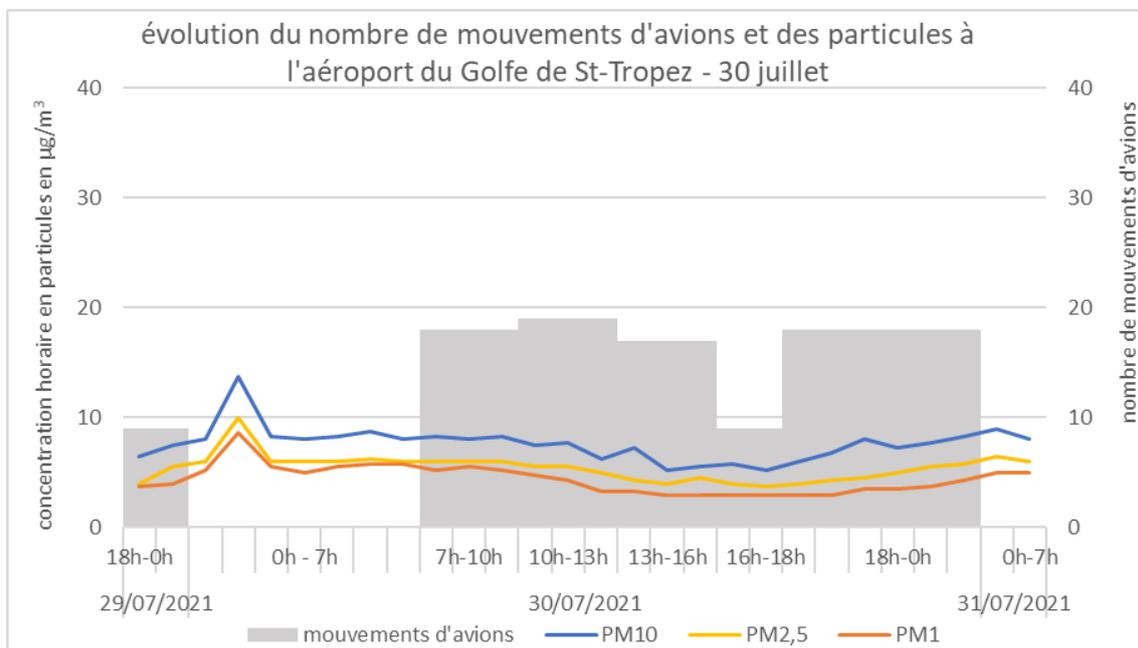


Figure 46 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 30 juillet - aéroport

Le 30 juillet, le « pic » est faible mais révèle clairement une rupture sur l'évolution de la courbe. Il apparait à 1h45 dans un régime de vent d'Ouest-Sud-Ouest. Bien que la provenance désigne la piste, il ne peut être lié à l'activité de l'aéroport ce dernier étant fermé dans cette plage horaire.

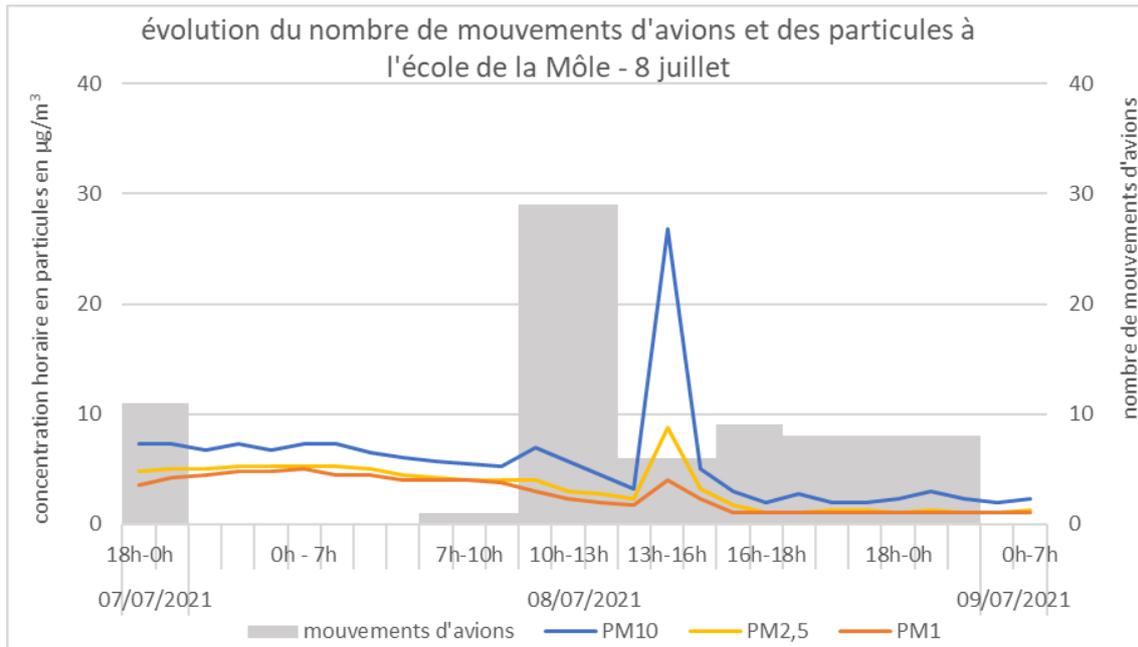


Figure 47 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 8 juillet - école

Le 8 juillet, une hausse conséquente, comparativement au niveau des heures précédentes, apparaît sur le graphe à 14h avec $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10 soit une valeur de $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 à 14h45 par vent de secteur Ouest. Cette hausse ne semble pas liée à l'activité de l'aéroport, situé au Sud Est de la Môle.

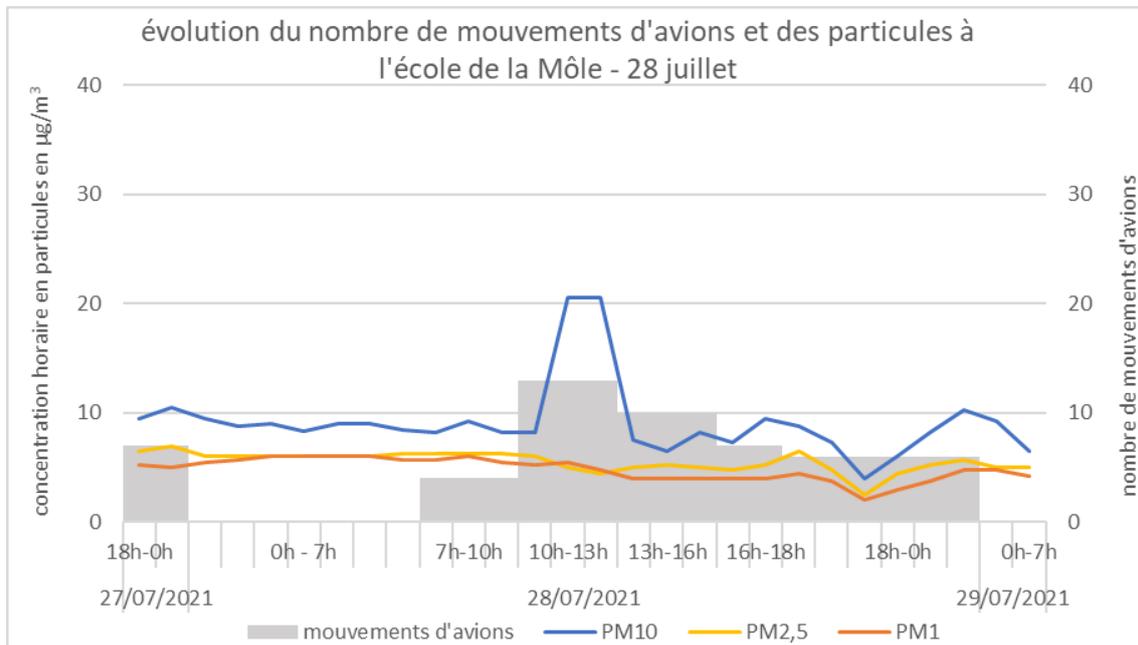


Figure 48 : évolution des mouvements d'avions et de la concentration en particules le 28 juillet - école

Le 28 juillet, un « pic » de PM10 uniquement est mesuré à 11h. Le vent provient du Sud-Ouest et maintient une vitesse entre 4 et 6 m/s jusqu'à 17h. Cette hausse ne semble pas liée à l'activité de l'aéroport, situé au Sud Est de la Môle.

Tableau 4 : caractéristiques des conditions météorologiques observées les journées particulières

Concentration quart-horaire maximale en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aéroport du Golfe de Saint-Tropez						Ecole de la Môle	
	2 juillet 17h45	5 juillet 18h15	10 juillet 11h15	19 juillet 10h30	26 juillet 12h30	30 juillet 1h45	8 juillet 14h45	28 juillet 11h00
PM10	109	41	58	62	31	25	96	59
PM2.5	39	13	22	25	16	18	28	21
PM1	21	6	11	14	10	16	12	11
Nombre de mouvement	16	8	27	24	22	0	6	0
Direction du vent	70/80° - ENE	270° - O	190/200° - S	60° - NE / 140° - SE	100° - E / 210° - SO	240° - OSO	260° - O	210° - SO
Vitesse horaire moyenne du vent	5 m/s	3,1 m/s	4,1 m/s	3,2 m/s	3,6 m/s	0,5 m/s	3,8 m/s	5,3 m/s

Le détail des journées particulières n'apporte pas d'éléments mettant en lien de façon systématique l'activité de l'aéroport et les hausses atypiques, bien que cette relation puisse être déduite dans certains cas, du fait de la direction du vent provenant de la piste. L'activité de l'aéroport ne semble pas impacter le site de l'école.

L'étude précise des journées avec des pointes de concentrations ne permet pas de mettre en évidence un lien direct entre l'activité de l'aéroport et les hausses de particules enregistrées.

5.3.6 Comparaison aux valeurs réglementaires

Seules les PM10 et les PM2,5 disposent de valeurs réglementaires annuelles pour comparaison auxquelles s'ajoutent une valeur journalière pour les PM10. Le matériel de mesure utilisé, n'étant pas celui référencé, il ne permet pas d'établir une comparaison réglementaire stricte mais donne une première estimation des niveaux comparativement aux autres sites du réseau, ici la station de l'Estérel, implantée à Fréjus, la plus proche de l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez et celle de Cannes Broussailles équipée des mêmes capteurs.

Tableau 5 : comparaison à la réglementation

Station		Terminal aéroport	Ecole de la Môle	Station Estérel (Fréjus)	Station Cannes Broussailles
Concentration du 29/06/2021 au 03/08/2021	PM10	7	6,9	17,3	13,9
	PM2.5	4,6	4,5	8	7,8
	PM1	3,6	3,6		5,7
Concentration annuelle 2020*	PM10			18	13,2
	PM2.5			11	8,7
	PM1				7
Nombre de jours de dépassement du 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10	0	0	0	0
Valeur annuelle réglementaire européenne / OMS	PM10	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	PM2.5	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			

Les niveaux mesurés pendant la campagne tendent à confirmer le respect des valeurs annuelles réglementaires européennes en PM10 et PM2,5 ainsi que les lignes directrices de l'OMS, révisées en septembre 2021.

6. Conclusions

Cette étude est une première évaluation des niveaux de particules sur les plateformes du Golfe de Saint-Tropez à La Môle et de Cannes-Mandelieu afin de compléter les premières mesures en oxydes d'azote et BTEX réalisées respectivement en 2017 et 2018, selon la convention signée entre la SAACA et AtmoSud. Initialement prévue à l'été 2020 pour l'aéroport du Golfe de Saint-Tropez, la campagne a été reportée en raison du contexte particulier engendré par la pandémie de la COVID-19 et les mesures prises par les gouvernements entraînant une baisse drastique de fréquentation pour le secteur aérien. De fait, s'affranchissant d'une année atypique en termes d'activité, les mesures de particules ont été réalisées à l'été 2021, en parallèle avec celles prévues sur la plateforme de Cannes-Mandelieu, donnant la possibilité d'établir des comparaisons entre les 2 plateformes.

Ainsi, du 29 juin au 3 août 2021, 5 micro-capteurs automatiques évaluant simultanément 3 tailles différentes de particules (PM10, PM2,5 et PM1) ont été installés, un sur chaque terminal, deux à proximité des plateformes et un dernier à la station de Cannes Broussailles pour référence. Ces 35 jours de campagne ont connu des conditions de vent et des températures conformes à celles habituellement rencontrées et ont enregistré peu de précipitations, situation peu dispersive et propice à l'accumulation ponctuelle de particules.

Sur la plateforme de Cannes-Mandelieu, les 2 sites présentent des évolutions journalières comparables en PM10 avec des niveaux inférieurs à ceux de la station de Cannes Broussailles et respectant les valeurs réglementaires. Le comportement et les concentrations PM2,5 et PM1 sont également semblables pour les 3 sites, excepté 2 journées pour lesquelles le site de « pépinière Rubino » se distingue. La période autour du festival de Cannes (du 6 au 17 juillet) n'indique pas de hausses spécifiques.

Quelques pics horaires simultanés en PM10, PM2,5 et PM1 surviennent sur le site de « pépinière Rubino » et sont confirmés au pas de temps quart-horaire. Seul un pic est enregistré à l'aéroport, correspondant au feu d'artifice du 14 juillet. Ces pointes communes aux 3 tailles n'indiquent pas d'augmentation spécifique sur une gamme particulière, comme les PM1, potentiellement davantage attribuée à l'activité aéroportuaire mais bien sur l'ensemble des particules.

La comparaison du nombre de mouvements et de la concentration en PM10, PM2,5 et PM1 n'établit pas de corrélation sur les sites, aussi bien en journalier qu'en horaire. L'étude précise des 6 journées particulières montre soit l'apparition des pics en absence de mouvements d'avions durant la plage horaire concernée, soit une augmentation du nombre de mouvements associée à une baisse de la concentration, excluant un lien quelconque avec l'activité aéroportuaire.

Sur la plateforme du Golfe de Saint-Tropez, les concentrations journalières en PM10, PM2,5 et PM1 suivent une tendance similaire à celle de l'école de la Môle avec des valeurs faibles, très en deçà de la réglementation.

Les évolutions horaires des deux sites de la Môle sont également très semblables à l'exception de quelques élévations (de faible ampleur), plus nombreuses à l'aéroport qu'à l'école et majoritairement conjointes aux 3 tailles.

Conformément à l'analyse pour Cannes, il n'existe pas de corrélation entre le taux journalier en particules et le nombre de mouvements d'avions. Le détail des journées avec des hausses de concentrations n'a pas mis en évidence de lien direct avec l'activité de l'aéroport.

Ainsi, cette étude fait ressortir pour les deux plateformes, des niveaux en particules PM10, PM2,5 et PM1 faibles, potentiellement respectant les valeurs annuelles réglementaires européennes en PM10 et PM2,5. Les lignes directrices de l'OMS seraient respectées pour les PM10 et pour les PM2,5 uniquement sur la plateforme du Golfe de Saint-Tropez.

La concentration journalière maximale des 5 sites est enregistrée le 26 juillet pour les 3 tailles de particules, indiquant la prédominance de l'apport régional plutôt que local de sources en particules ce jour.

Les sites des terminaux et ceux à proximité (pépinière Rubino à Mandelieu et école à la Môle) affichent des évolutions journalières comparables. Les évolutions horaires montrent quelques pics, communs en PM10, PM2,5 et PM1 et confirmés au pas de temps inférieur. Cette corrélation entre les 3 tailles n'isole pas une gamme de particules, comme les PM1, potentiellement liée à l'activité aéroportuaire, car particules les plus fines. L'analyse comparative et détaillée avec le nombre de mouvements d'avions ne révèle pas de lien spécifique entre ce paramètre et le taux de particules dans l'air.

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Pollution de pointe : La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

Procédures préfectorales : Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

Seuil d'alerte à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Seuil d'information-recommandations à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

Objectif de qualité : Un niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Valeur cible : Un niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Couche limite : Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

Particules d'origine secondaires : Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH₃). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

Percentile 99,8 (P 99,8) : Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

Sigles

AASQA : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

SAACA : Société Anonyme des Aéroports de la Côte d'Azur

Unité de mesures

mg/m³ : milligramme par mètre cube d'air
(1 mg = 10⁻³ g = 0,001 g)

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air
(1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air
(1 ng = 10⁻⁹ g = 0,000000001 g)

TU : Temps Universel

Polluants

NO / NO₂ : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM 2.5 : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

PM 1 : Particules d'un diamètre < 1 µm

Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres : leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

Environnement d'implantation

Implantation urbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages

Implantation périurbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre

Implantation rurale : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

Influence des sources

Influence industrielle : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.

Influence trafic : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.

Influence de fond : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km².

ANNEXES

ANNEXE 1

Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
O₃ Ozone	L'ozone (O ₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO _x et des COV.
Particules en suspension (PM)	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
NO_x Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
SO₂ Dioxyde de soufre	Le dioxyde de soufre (SO ₂) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
COV dont le benzène Composés organiques volatils	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants... D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Les HAP se forment par évaporation mais sont principalement rejetés lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
CO Monoxyde de carbone	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O ₃ Ozone	<ul style="list-style-type: none"> - Irritation des yeux - Diminution de la fonction respiratoire 	<ul style="list-style-type: none"> - Agression des végétaux - Dégradation de certains matériaux - Altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
Particules en suspension		<ul style="list-style-type: none"> - Effets de salissures sur les bâtiments - Altération de la photosynthèse
NO _x Oxydes d'azote	<ul style="list-style-type: none"> - Irritation des voies respiratoires - Dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Pluies acides - Précurseur de la formation d'ozone - Effet de serre - Déséquilibre les sols sur le plan nutritif
SO ₂ Dioxyde de soufre		<ul style="list-style-type: none"> - Pluies acides - Dégradation de certains matériaux - Dégradation des sols
COV dont le benzène Composés organiques volatils	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation de l'ozone
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques		<ul style="list-style-type: none"> - Peu dégradables - Déplacement sur de longues distances
Métaux lourds	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité par bioaccumulation - Effets cancérigènes 	<ul style="list-style-type: none"> - Contamination des sols et des eaux
CO Monoxyde de carbone	<ul style="list-style-type: none"> - Prend la place de l'oxygène - Provoque des maux de tête - Létal à concentration élevée 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation de l'ozone - Effet de serre

Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée d'exposition
O₃ Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
PM₁₀ Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
PM_{2.5} Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
NO₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
SO₂ Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
C₆H₆ Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
Pb Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
CO Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
BaP Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
As Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
Cd Cadmium	Valeur cible	0,005	Année

Ni Nickel	Valeur cible	0,02	Année
---------------------	--------------	------	-------

Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

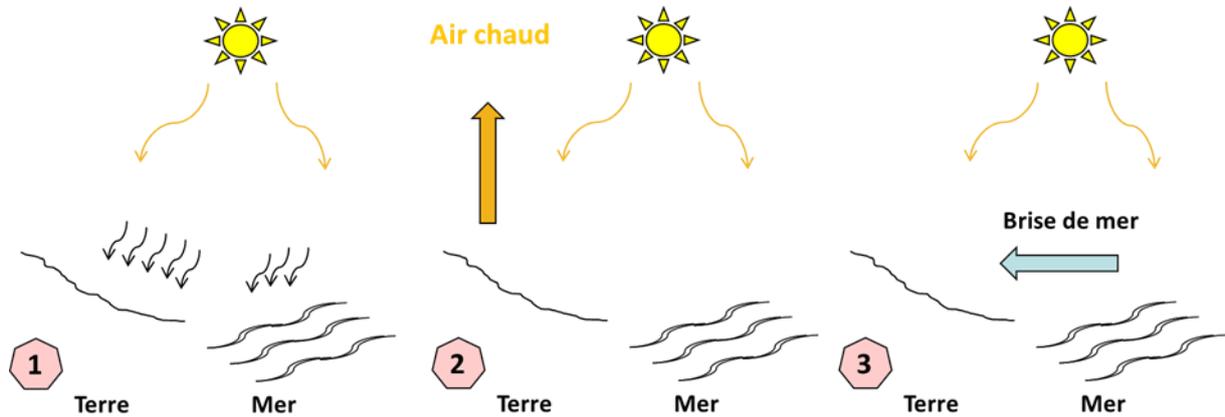
Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
O ₃ Ozone	- Impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM10 Particules	- Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	45	24 heures
		15	1 an
PM2.5 Particules		15	24 heures
		5	1 an
NO ₂ Dioxyde d'azote	- Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		10	1 an
SO ₂ Dioxyde de soufre	- Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	- Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	40	24 heures
Pb Plomb	- Niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd Cadmium	- Impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO Monoxyde de carbone	- Niveau critique de CO Hb < 2,5 % - Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

ANNEXE 2

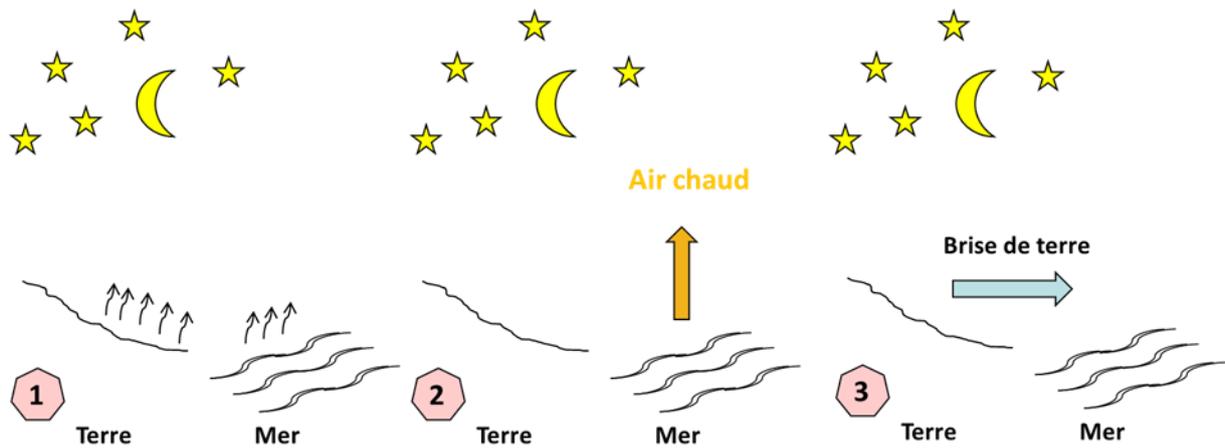
Régime de brises

Les caractéristiques des brises alternées dépendent de la différence de température entre la terre et l'eau, de la force et de la direction du vent, de la rugosité et de la pente du terrain, de la rugosité et de l'eau, de la courbure de la côte et de l'humidité au-dessus de la terre.

Brise de mer : La journée, la terre se réchauffe plus vite que la mer (1). La masse d'air au-dessus de la terre étant plus chaude, elle s'élève générant ainsi un courant ascendant (2). Cet air est alors remplacé par de l'air plus froid provenant de la mer (3).



Brise de terre : La nuit, c'est l'inverse : la terre se refroidit plus vite que la mer (1), la masse d'air chaude est au-dessus de la mer et s'élève (2), laissant place à un air plus froid venant de la terre (3).



ANNEXE 3

Méthodes de rapportage des émissions

- Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et de la directive européenne concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques (C E E – N U / N F R & N E C)⁵.
- Rapport National d’Inventaire pour la France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto (CCNUCC)⁶
- Rapport OMINEA⁷ et Secten⁸ du CITEPA

Le tableau 1 ci-dessous récapitule par classe de substance les méthodes de rapportage pris en compte dans l’inventaire 2019.

Tableau 6 : Affectation des émissions par aéroport et sur le territoire de la région PACA.

Secteur	Substances	Type de substances émission	Trafic domestique	Trafic international
Aérien	Gaz à Effet de Serre	cycle LTO < 1000 m	Oui	Non
		1/2 croisière	Oui	Non
	Polluants à enjeux sanitaire	cycle LTO < 1000 m	Oui	Oui
		1/2 croisière	Non	Non

⁵ https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/cee-nu/UNECE_France_mars2021_d.pdf

⁶ https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/ccnucc/CCNUCC_france_2021.pdf

⁷ https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/ominea/Citepa_Ominea_ed2021.pdf

⁸ https://www.citepa.org/wp-content/uploads/2.5-Transports_2020.pdf

ANNEXE 4

Détail de la validité des mesures des micro-capteurs

3 éléments ont été évalués, la validité de la donnée brute, la qualité de la donnée moyennée et la corrélation. Les résultats des 3 critères sont regroupés dans les tableaux 1 à 3.

Tableau 7 : résultats du critère de validité de la donnée

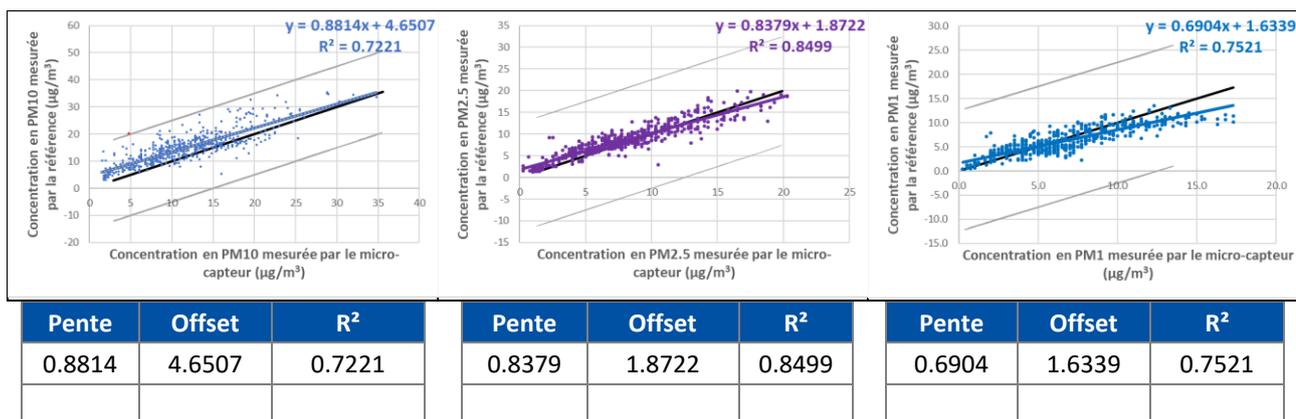
Paramètre	Nombre de données minutes totales	Nombre de données \geq -LD		Nombre de données non enregistrées	
PM1	696	540	77.6%	156	22.4%
PM10	696	542	77.9%	154	22.1%
PM2.5	696	542	77.9%	154	22.1%

Pour la validité de la donnée, la limite de détection est établie à $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aucune donnée n'est inférieure à cette valeur.

Tableau 8 : résultats du critère de qualité de la donnée

Paramètre	Nombre de données ¼ horaires station de référence		Nombre de données ¼ horaires station de référence		
	Totales	Exploitable ($>$ ND)	Satisfaisant	Discutable	Non satisfaisant
PM1	696	696	77.6%	0.0%	22.4%
			540	0	156
PM10	696	696	77.7%	0.1%	22.1%
			541	1	154
PM2.5	696	696	77.9%	0.0%	22.1%
			542	0	154

Tableau 9 : résultats du critère de corrélation



Les critères d'acceptation requièrent une pente comprise entre 0.8 et 1.2, un offset compris entre -5 et 5 et un coefficient de corrélation supérieur à 0.7.

AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances

Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



Siège social : 146, rue Paradis « Le Noilly Paradis » - 13294 Marseille cedex 06
Établissement de Martigues : route de la Vierge 13500 Martigues
Établissement de Nice : 37 bis, avenue Henri Matisse - 06200 Nice
Tél. 04 91 32 38 00 - Télécopie 04 91 32 38 29 - contact.air@atmosud.org



Suivez-nous sur

